

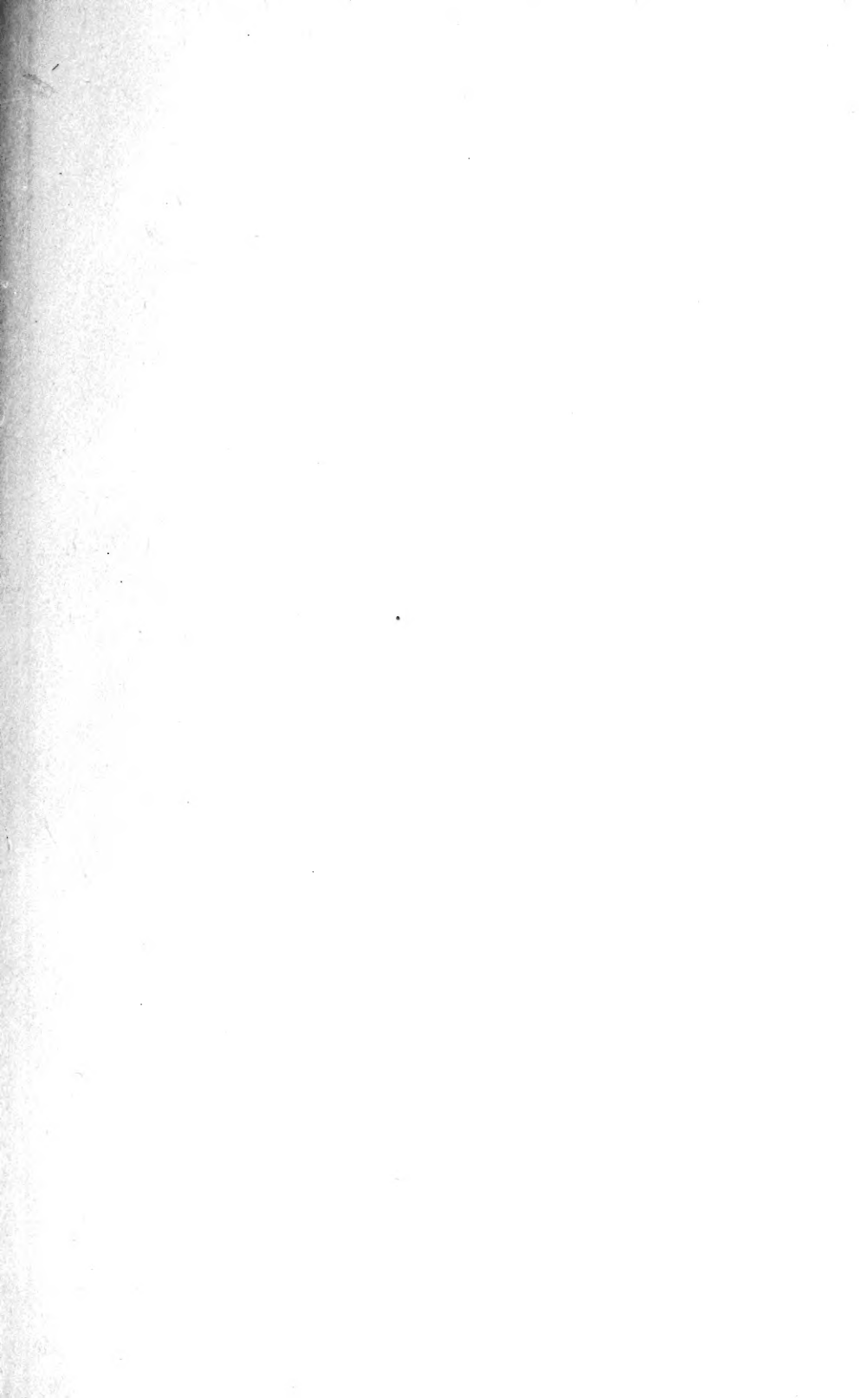


3 1761 05289234 6

HANDBOUND
AT THE



UNIVERSITY OF
TORONTO PRESS



9345

11

63

HANDBUCH
DER
BOTANIK.

BEARBEITET UND HERAUSGEGEBEN

VON

DR. N. J. C. MÜLLER,

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGL. FORSTAKADEMIE ZU HANN. MÜNDEN.



ZWEITER BAND:
ALLGEMEINE BOTANIK.
ZWEITER THEIL.

MIT 277 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1880.

HANDBUCH

DER

ALLGEMEINEN BOTANIK

VON

DR. N. J. C. MÜLLER,

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGL. FORSTAKADEMIE ZU HANN. MÜNDE.



ZWEITER THEIL:

ALLGEMEINE MORPHOLOGIE UND ENTWICKLUNGS-
LEHRE DER GEWÄCHSE.

MIT 277 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1880.

BK
641
M84
Th. 2
cap. 2

Alle Rechte vorbehalten.

402
25/2/20
W

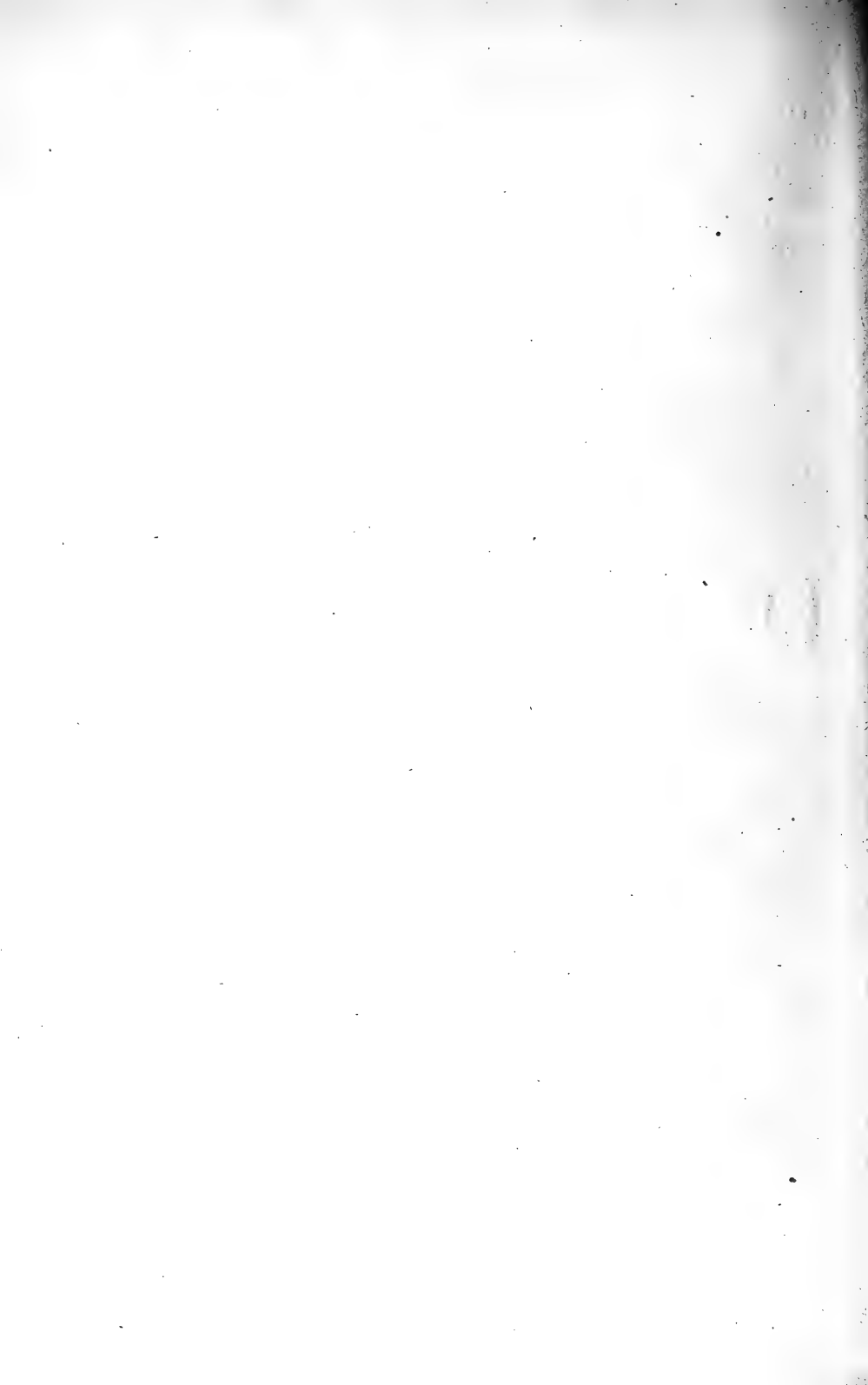
H E R R N

M. THILENIUS

DR. MED. IN WIESBADEN

IN FREUNDSCHAFT GEWIDMET

VOM VERFASSER.



VORWORT.



Dieser Band des Handbuchs wurde im Winter des Jahres 1878/79 ausgearbeitet. Während des Zeitraumes, welcher für die Herstellung der Holzstöcke erforderlich war, habe ich mich entschlossen, die Disposition des Buches dahin zu erweitern, daß die Systematik der niederen Pflanzen und der Gefäßkryptogamen eingehender berücksichtigt wurde, als dieß sonst wohl für die Abhandlung der Allgemeinen Morphologie üblich ist. Dieß geschah, um dem Leser den Ueberblick einer genügenden Anzahl von Formen- und Entwicklungsreihen zu ermöglichen, als Belege für den genetischen Zusammenhang der aus dem Algenstamm hergeleiteten Verwandtschaftsreihen. Die Lehre von der Blattstellung wurde vor den Gefäßkryptogamen untergebracht, die Morphologie und Entwicklung der Stammpflanzen in XXXIV Entwicklungscyclen vergleichend und in aufsteigender Richtung fortschreitend vor-

geführt. Zu besonderem Danke fühle ich mich Herrn Dr. M. THILENIUS in Wiesbaden verpflichtet, welcher, als ausgezeichnete Kenner der niederen Lebewesen, mir in dem Ferienaufenthalt in Wiesbaden vielfache Unterstützung zu Theil werden ließ.

Münden, im Juni 1880.

Dr. N. J. C. Müller.

Inhaltsverzeichnis.

Zweiter Theil:

Allgemeine Morphologie und Entwicklungslehre der Gewächse.

VORWORT	Seite. VII
-------------------	---------------

Erste Abtheilung:

Theorie der Entwicklung. Descendenzlehre.

Einleitung	3
§ 1. Morphotische Differenz	4
§ 2. Descendenzlehre	4
A. Blutsverwandtschaft	4
B. Vertheilung der Functionen	6
a) Der Descendent verbleibt in der Zellencolonie	6
b) Der Descendent verläßt die Zellencolonie	7
C. Rückschlag an Zellen und Zellengewebe	7
D. Zerstreuung der Charakter- und Formzüge	11
E. Accumulation	11
1. Varietäten	14
2. Monstrosität	15
a) Aeüßerer Reiz bekannt	16
b) Aeüßerer Reiz unbekannt	16
F. Künstliche Zuchtwahl. Kampf um's Dasein. DARWIN's Theorie	17
1. Kampf um's Dasein	20
2. DARWIN's Theorie	22
3. Schädlichkeit der Selbstbefruchtung	22
4. Verbreitungsmittel	24
G. Anpassung (Adaption)	27
a) Licht und Schatten	27
b) Unterlage	28
c) Charakter und Gewohnheit	29
d) In wie weit läßt sich die Gestalt der Pflanze als eine Anpassung auffassen?	30
e) Auffallende Anpassungen an äußere Verhältnisse	32
f) Adaption an Wasser und Land	34
g) Gebrauch und Nichtgebrauch	35
h) Compensation in der Entwicklung	35
i) Zusammenstellung der wichtigsten Anpassungen	36

Zweite Abtheilung:

Die natürlichen Verwandtschaftskreise und die Generation.

§ 3. Allgemeine Gesetze der Organfolge und der Dauer ihrer Entwicklung	38
1. Dauer der Entwicklung von Eizelle zu Eizelle	39
2. Benennung der Organe in ihrer Entwicklung	39
§ 4. Generation und Entwicklung der hervorragenden Formen	41
A. Vegetative und sexuelle Fortpflanzung	41
B. Formenstarre	41
C. Formenaxe	41
D. Generationsfolge in der Zeit. Der Stammbaum	43
E. Allgemeine Argumente, welche für die Annahme der Descendenzlehre sprechen	43
F. Die Geschlechtszellen	44
G. Benennung und Zusammenhang der Organe von den Algen bis zu den Blütenpflanzen	45
§ 5. Der Algenstamm	48
A. Vergleichende Entwicklung von Algen und Pilzen. Literatur: Algen	48
1. Zellencolonien in Kugeln und Flächen	51
Protococcaceen	57
Palmellen	58
Desmidiaceen	59
Volvocineen	61
Erste Nebenreihe: Schizophytae (Spaltpflanzen)	64
Zweite (combinirte) Nebenreihe: Flechten	69
1. Orientirung	69
2. System der Pilze	70
3. Lebensweise, Lichtbedürfnis, äußere Wuchsform	72
4. Der Flechtenthallus	72
5. Die Gonimonschicht	73
6. Zusammenstellung der Phycobryaceen, Confervaceen, Chroococcaceen, Palmellaceen mit den Gonidienformen der Flechten und den Schizophyten	74
7. Verzweigung des Flechtenthallus	77
8. Sporenbildung (das Apothecium)	78
9. Systematische Uebersicht	79
I. Untere Stufe: Gallertflechten	79
II. Uebergangsstufe nach dem geschichteten Thallus	80
III. Obere Stufe: geschichteter Thallus	80
IV. Flechten mit zum Theil endophytem Thallus	82
B. Zweite Hauptstufe der Form. Cylinderketten, gleichwerthige Glieder	84
C. Kieffschalige Zellenketten. Bacillariaceen	91
a) Structur der Schalen	95
b) Protoplasma und Endochrom	95
Synopsis der Familien	96
Gomphonemaceen	96
Amphoreen	96
Cymbellaceen	96
Achnantheen	96

	Seite.
Cocconeiden	96
Naviculeen	96
Amphipleureen	97
Plagiotropideen	97
Amphitropideen	97
Nitzschieen	97
Surirayeen	97
Synedreen	97
Eunotieen	97
Fragillarieen	97
Meridieen	98
Tabellarieen	98
Licnophoreen	98
Biddulphieen	98
Angulifereen	98
Eupodisceen	98
Coscinodisceen	98
Melosireen	98
c) Lebensweise	98
§ 6. Cylinderketten, ungleichwerthige Glieder	100
1. Sphæropleen	102
2. Confervaceen	103
I. Sphæropleen	103
II. Glöosphären	103
III. Conferven	103
IV. Oedogonien	103
V. Ulothricheen	103
VI. Ulvaceen	103
3. Ulothrix zonata	104
§ 7. Cylinderfäden, Antheridien und Oogonien einfachsten Baues	105
1. Vaucherien	105
2. Siphoneen	106
a) Caulerpeen	106
b) Acetabularien	107
c) Botrydiaceen	107
d) Bryopsis	107
§ 8. Cylinderfäden, nächste Erhebung der Geschlechtsapparate, Oogonien, die Antheridien z. Th. aus Zwergmännchen	108
1. Oedogonium	108
I. Reihe	109
II. Reihe	109
2. Bulbochaete	110
§ 9. Verzweigtes System von Zellenketten	112
1. Cladophoren	112
2. Ueberficht der Gliederung	113
3. Der Kurztrieb	115
§ 10. Verzweigte Cylinderketten mit akropetaler Folge. Oogonien und Stammzellen nackt und berindet	116

	Seite.
a) Batrachospermum	116
b) Coleochaete	119
c) Dudresneya	120
Vegetative Gliederung und Systematik der Florideen	124
1. Ceramieen	124
2. Delesserieen	125
a) Nitophylleae	126
b) Rhodomeleae	126
3. Rhodomeniaceen	126
a) Plocamieen	127
b) Chondreen	127
c) Gracilarieen	127
4. Lomentariaeae	127
5. Phyllophoraceen	128
§ 11. Zweigsystem mit Scheitelwachsthum und einziger oder mehreren Scheitelzellen	128
I. Niederer Grad der Entwicklung	129
II. Höherer » » »	129
III. Höchster » » »	130
1. Die Sphacelariaeae	131
a) Bildung der Sporangien	133
b) Histologische Züge	133
2. Dichotomie in der Scheitelzelle der Dictyotaceen	138
3. Vegetation und Generation der Fucaceen	140
§ 12. Dritte Nebenreihe, Pilze	143
A. Keimung	144
B. Formen des Mycelium	144
C. Grundriß der Generation	145
1. Fadenmycelium, die beiden Copulanten sind vollkommen gleich	146
2. » , ungleicher Werth der Copulanten	146
I. Eriphyne	146
II. Pyronema confluens	147
3. Schlauchmycelien, Oogonien und Antheridien	148
D. Systematische Uebersicht der Pilze	151
1. Plasmodiophori	151
I. Mixomycetes	151
a) Lycogala	153
b) Trichiaceen	153
c) Stemoniteen	153
d) Physareen	154
2. Untere Stufe der Mycelbildner	154
II. Phycomycetes	154
a) Chytridiei	155
b) Saprolegnei	158
c) Peronosporiei	159
d) Mucorini	160
3. Mittlere Stufe der Mycelbildner	161
a) Ustilaginei	161
b) Uredinei	163

	Seite.
I. Isolierte Teleutosporen mit directer Reproduction	163
II. Arten mit abgeschlossenem Generationswechsel	164
III. Isolierte Uredoform, unbekannte Teleutosporen	165
4. Obere Stufe der Mycelbildner	165
I. Ascomycetes	165
a) Pyrenomycetes, FRIES	166
I. Perisporiacei	166
II. Acrospormacei	166
III. Ascosporei	166
IV. Sphaeriacei	167
b) Tuberacei	170
c) Discomycetes	171
II. Basidiomycetes	172
a) Hymenomycetes	174
Agaricini	175
Polyporei	175
Hydnei	175
b) Gasteromycetes	176
Hymenogastreen	176
Lycoperdaceen	177
Nidularieen	177
Phalloideen	177
§ 13. Gegliederte Stämme. Scheitelzelle. Characeen	178
A. Wachsthum des Stammes	178
1. Gliederung der Hauptaxe und deren Berindung	179
2. Bildung der Quirläste	180
3. Axillärprofile	183
4. Zusammenstellung der Zellenfolge	183
B. Generation	184
§ 14. Die Archegoniaten (Antheridien und Archegonien)	187
A. Ueberblick der Generation	187
B. Herkunft der Antheridien und Archegonien	191
C. Keimung	192
§ 15. Moose (Musci)	193
A. Flache Lager mit einer oder mehreren Scheitelzellen	196
I. Classe: Hepaticae	198
I. Ordnung: Riccieen	198
II. » Anthocerotheen	199
III. » Marchantieen	200
IV. » Jungermannieen	203
Frondosae	205
1. Metzgerieen	205
2. Aneureae	206
3. Haplolænae	206
4. Diplomitrieae	207
B. Cylindrische beblätterte Stämme mit einer Scheitelzelle	207
1. Entwicklung des Blattes	210
2. Anatomie des Moosstammes	212

	Seite.
C. Formenreihe der beblätterten Moose	214
1. Entwicklung der Kapfel	214
a) Jungermannien, Foliosae	214
I. Ptilidieae	216
II. Jubuleae	216
III. Platyphylleae	216
IV. Trichomanoideae	216
V. Geocalyceae	216
VI. Gymnomitria	217
VII. Jungermannien	217
b) Laubmoose	217
I. Entwicklung der Kapfel bei den Jungermannien und Laubmoosen	218
II. Nebenorgane und Nebenwirkung der Befruchtung	220
c) Keimung der Laubmoose	221
Systematische Uebersicht der Laubmoose	225
Habituszüge	226
Systematische Uebersicht der Hauptformen	227
1. Cleistocarpi	227
2. Stegocarpi	228
A. Untere Stufe	228
Sphagnaceen	228
B. Mittlere Stufe	229
I. Tribus: Funariodeae	229
1. Funariaceen	229
2. Splachnaceen	229
II. Tribus: Desmatodonteae	230
1. Pottiaceen	230
2. Trichostomeen	230
3. Distichiaceen	230
III. Tribus: Leucobryaceae	230
IV. Tribus: Dicranoideae	230
V. Tribus: Polytrichiaceen	230
Tetraphideae	231
Encalypteae	231
VI. Tribus: Bryoideae	231
Mniaceen	231
Meesiaceen	231
Bartramieen	232
VII. Tribus: Buxbaumieae	232
C. Obere Stufe der Form	232
I. Tribus der Grimmiaceae	232
1. Cinclidoteae	233
2. Grimmieen	233
3. Orthotricheen	233
Pleurocarpi	233
I. Tribus: Fontinaleen	233
II. Tribus: Neckeraceen	233
III. Tribus: Hookeriaceae	234

	Seite.
IV. Tribus: Hypnaceen	234
1. Leskeaceen	234
2. Hypneen	224
III. Stellung der Moose im System	234
Literatur	235

Dritte Abtheilung: Vollkommnere Anpassung an die climatische Periode, Auftreten der leitenden Gewebe und der Wurzel.

§ 16. Ueberblick der Gefäßkryptogamen	236
a) Ispore, monöcische	239
b) Ispore, diöcische	239
c) Heterospore	239
§ 17. Vegetationspunkt von Stamm und Wurzel	240
§ 18. Auftreten der Hautgewebe	242
§ 19. Auftreten der blatteigenen Gefäßbündel	245
A. Stellungsgefetze der Blätter und Zweige	245
1. Aufsteigende Entwicklung	245
2. Absteigende Entwicklung	246
3. Geometrisches Gefetz	246
a) Recurrente Reihen	247
α) Grundspirale	249
β) Seitenspiralen, Parastichen	250
γ) Beziehungen zwischen Grund-, Seitenspiralen und Orthostichen	251
I. Beziehung der Anzahl	251
II. Beziehung der Richtung	252
III. Zahlentheoretische Herleitung der Regel	253
IV. Anwendung der Regel auf die Wirtelstellung	258
b) Das Gefetz der recurrenten Reihen entwicklungsgeschichtlich betrachtet	258
α) Verhältnisse am Scheitel	260
β) Theorie von SCHWENDENER, auf- und absteigende Verschiebungen	265
B. Beziehungen zwischen der Blattstellung und dem anatomischen Bau	271
1. Primäre Gefäßbündel	271
2. Verlauf der Gefäßbündel	271
3. Homodromie und Antidromie	280
§ 20. Ispore Gefäßkryptogamen. I. Equifeten	282
A. Morphologie des Stammes	282
B. Theilung und Zuwachs am Vegetationspunkt	282
C. Anatomie des Stammes	283
D. Sexuelle Fortpflanzung	284
E. Systematische Uebersicht	287
I. Entwicklungsycelus der Stammpflanzen	287
§ 21. Ispore Gefäßpflanzen. II. Farrenkräuter, Filices	287
Literatur: Gefäßkryptogamen	287
A. Generation	287
B. Morphologie der Blätterpflanze	291
C. Verhältniß von Stamm und Wedel	292

	Seite.
D. Auftreten der Sporangien	293
E. Anatomie des Stammes	294
II. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	296
III. " " " "	297
I. Hymenophyleen	297
II. Polypodiaceen	298
III. Cyatheaceae	299
IV. Gleicheniaceae	299
V. Schizæaceae	299
VI. Osmundaeae	299
VII. Marattiaceae	299
§ 22. Isospore Gefäßpflanzen. III. Lycopodiaceen	299
A. Morphologie und anatomischer Bau	299
B. Keimung	301
IV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Lycopodium)	301
§ 23. Heterospore Gefäßpflanzen. I. Isoëteen	301
A. Morphologie und Anatomie	301
B. Generation	303
V. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Isoëtes)	306
§ 24. Heterospore Gefäßpflanzen. II. Untere Stufe der Rhizocarpeen: Salvinia- ceen, Salvinia (Azolla)	307
A. Morphologie der Salvinia	307
VI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (A. Salvinia)	307
B. Generation	308
VII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (B. Salvinia)	310
C. Morphologie der Azolla	311
VIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Azolla)	311
D. Anatomie der Salvinieen	313
§ 25. Heterospore Gefäßpflanzen. III. Obere Stufe der Rhizocarpeen: Mar- liaceen (Marsilea und Pilularia)	314
A. Morphologie	314
B. Generation	315
IX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Marsilea und Pilularia)	316
C. Anatomische Gliederung von Stamm, Blatt und Wurzel	317
§ 26. Vergleichende Entwicklungsgechichte von Selaginella und Pinus	318
§ 27. Uebergangreich von den Gefäßkryptogamen nach den Phanerogamen, Coni- feren und Gnetaceen	331
A. Gliederung des Vegetationspunktes	332
X. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (ohne Knospenschluß, Thuja)	333
XI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Anschluß an das Baum- system der Picea und Abies)	333
XII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Larix)	334
XIII. und XIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Pinus)	336 338
B. Zur Frage über die Gymnospermie	339
C. Hauptzüge der Anatomie der Coniferen, Gnetaceen und Cycadeen	343
Ueberblick in der anatomischen Gliederung von den niederen nach den höheren Pflanzen	344

Seite.

D. Morphologie und Anatomie des Coniferenblattes	356
E. Synopsis der Coniferen- und Gnetaceenblüthen	358
1. Taxaceen	358
2. Podocarpeen	359
3. Araucarien	359
4. Cupressineen	359
5. Taxodien	360
6. Sequojeen	360
7. Sciadopiteae	361
8. Abietineae	361

Vierte Abtheilung: Blütenpflanzen. Metamorphose und Anpassung der drei Organe Stamm, Blatt, Haar bei den Blütenpflanzen.

§ 28. Anpassung und Metamorphose des Stammes	363
A. Von den niederen nach den höheren Pflanzen nimmt die Differenzirung am Vegetationspunkt zu	364
B. Neigung zur Vielzelligkeit des Vegetationspunktes	364
C. Anpassung an die climatische Periode	370
1. Knospenfchluß	370
2. Der Knospeninhalt	371
XV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	371
XVI. " " "	372
XVII. " " "	372
XVIII. " " "	372
XIX. " " "	373
XX. " " "	373
XXI. " " "	373
3. Rhizome, Ausläufer, Knollen und Zwiebeln	374
XXII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	374
XXIII. " " "	374
XXIV. " " "	375
XXV. " " "	375
XXVI. " " "	375
XXVII. " " "	375
4. Gelenkbruch der Zweige und Blätter	378
D. Die Tendenz, Waffen zu bilden, nimmt zu	378
1. Verchwinden und Wiederauftreten des Parasitismus	379
2. Erstes Auftreten der Secretion	379
3. Drehung der Axe	381
4. Abgeflachte Stämme, Cladodien, Phyllodien	381
XXVIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	382
5. Lemnastämme	383
6. Offensivwaffen	383
XXIX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	384
7. Stamm- und Wurzelhauforien	387
XXX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen	389

	Seite.
XXXI. Entwicklungszyclus der Stammpflanzen	390
XXXII. " " " "	390
XXXIII. " " " "	390
8. Defensivwaffen (Zweigdorne)	391
XXXIV. Entwicklungszyclus der Stammpflanzen	391
§ 29. Wurzel	391
(Literatur: Wurzel, Knollen, Zwiebeln)	391
1. Morphotische Stellung der Wurzel	392
2. Stamm- und Wurzelverfchmelzungen	395
§ 30. Das Blatt	398
1. Keimphase der Wurzelpflanzen	400
2. Entwicklung des Laubblattes	401
3. Reforption der Blattfläche	404
Form des Laubblattes	404
4. Knospenlage	406
5. Abfallen der Laubblätter	409
6. Winterzustand der Laubknospen und Zweige	409
7. Verwachsungen	410
8. Form durch die Lage beeinflusst	411
9. Anatomie des Laubblattes	412
10. Farbe und Glanz	415
11. Gewebeschichten im Blatt	416
12. Metamorphose des Blattes	417
a) Offensivwaffen	418
b) Defensivwaffen	420
c) Schwimmblätter	421
d) Schwimmblasen	421
e) Drüsen aus metamorphen Blattfiedern	423
§ 31. Auszeichnungen des letzten Ranges, Trichomgebilde	425
A. Allgemeine Formzüge, Wiederholung des Algengliedertypus	425
B. Trichomgebilde im Innern der Pflanze	427
C. Allgemeine Züge der Stellung	428
D. Bedeutung der Trichomgebilde	429
E. Gallenhaare	431
1. Phytoptusgallen	431
2. Eichengallen	431
§ 32. Der Blütenstand	431
A. Monopodiale Blütenstände	432
B. Sympodiale " "	433
§ 33. Die Blüte	436
Literaturzusammenstellung	436
A. Stellung der Blätter in der Blüte	438
B. Die sexuellen Apparate der Blüte	440
1. Die Antheren	440
2. Die Carpellblätter	446
3. Placenta und Eifproß	447
§ 34. Die Befruchtung	450
Noten: I. Kreuzung	451

	Seite.
II. Rückwirkung auf bereits angelegte Theile	456
III. Pfropfhybride	456
IV. Infectenhilfe	456
Nebenwirkung der Befruchtung	459
1. Endospermibildung	459
2. Wachsthum des Embryosackes	460
3. Veränderung des Keimlings und Fruchtknotens	461
4. Polyembryonie	462
§ 35. Same und Frucht	463
A. Der Blütenstand an der Fruchtbildung betheiligt	464
B. Die hohle Blütenaxe und die Blütenhüllen an der Fruchtbildung betheiligt	464
C. Umbildungen an den freien Fruchtknoten	465



Allgemeine Morphologie und Entwicklungslehre der Gewächse.

Erste Abtheilung: Theorie der Entwicklung. Descendenzlehre.

Einleitung.

Die Sätze, welche als Erfahrungsergebnisse angesehen werden müssen, lauten:

I. Es ist bis jetzt niemals gelungen, die Entstehung eines Organismus außer Zusammenhang mit früheren Lebewesen zu beobachten.

II. Es ist niemals gelungen, die Entstehung niederster Lebewesen aus den anorganischen Körpern wahrzunehmen.

Hieraus entspringt für den Ueberblick höherer und niederer Lebewesen die Vorstellung, daß sie in die Vergangenheit wie in die Zukunft eine unendliche continuirliche Kette der Bewegung darstellen, in welcher die feste Form, die sich unseren Sinnen bemerklich macht, gewissermaßen nur den äußeren Ausdruck eines bis jetzt unerforschlichen und mechanisch unbegreiflichen Bildungstriebes darstellt¹⁾.

Die allgemeine Morphologie hat die Aufgabe, die Gesetze der Gestaltung zu erforschen, die Benennung der Formen und Organe, die Entwicklung derselben in der Zeit. Alle Organismen unterliegen diesem Gesetz:

III. Sie entstehen und vergehen in bestimmter begrenzter Zeit und machen in dieser gewisse mehr oder weniger gesetzmäßige Umwandlungen in der äußeren Gestalt, im Habitus und Charakter durch. Alle Organismen vererben ihre Eigenschaften auf ihre Descendenten.

¹⁾ Die LAMARCK-, DARWIN-, HÆCKEL'schen Theorien werden häufig in ihrer Gesamtheit «mechanische Theorie der Entstehung der Arten» genannt, dieß sind sie nicht.

IV. Die Eigenschaft aber ist nicht unwandelbar, sondern kann durch einen inneren Trieb verändert werden: Die Pflanze variirt. Nur durch diese Eigenschaften ergiebt sich ein Unterschied von den anorganen Form-Individuen, welchen wir unwandelbare Eigenschaften in Form und Masse zuschreiben (Krytall, Molecul, Atom).

Die heutige Naturwissenschaft ist gezwungen anzunehmen, daß die höheren und höchsten Wesen von niederen abstammen. Die Pflanze von höherer morphotischer Differenz stammt von einer Pflanze geringerer morphotischer Differenz ab.

§ 1. Morphotische Differenz.

Wir verstehen unter dem morphotischen Unterschied die Abweichung in der Gestalt und Entwicklung der einzelnen Auszweigungen an der Pflanze.

Eine Pflanze ist niedrig differenzirt, wenn alle ihre Auszweigungen unter sich gestaltlich und entwicklungsgeschichtlich gleich sind.

Wir nennen eine Pflanze hoch differenzirt, wenn ihre Auszweigungen gestaltlich und entwicklungsgeschichtlich ungleich sind. Niedrig differenzirte Pflanzen sind viele Algen und Pilze, bei welchen in einer und derselben Zelle alle Organe vereinigt sein können. Eine solche vertritt zu gleicher Zeit oder nach und nach die Form, die Function der Vermehrung und der Ernährung.

Hoch differenzirt sind die Blütenpflanzen, in welchen viele tausende solcher Zellen zu Organen und Auszweigungen verschiedener Form und Bedeutung entwickelt sind. Wir unterscheiden hier als Hauptorgane: Wurzel, Stamm, Ast, Zweig, Zweiglein, Blätter, Blüthe, Haar, Drüsen. Waffen: Dorn, Stachel, Ranke. Blüthe und Geschlechtsapparate.

§ 2. Descendenzlehre.

A. Blutsverwandtschaft.

Zwischen einer Pflanze, welche alle diese Organe differenzirt, und der einzelligen Alge beobachtet man viele Uebergangsformen. Aus der Entwicklungsgechichte ergiebt sich andererseits, daß ursprünglich in der Einzelzelle der Keim zu allen Theilen der erwachsenen Pflanze ruhte.

In einer einzigen Zelle ist der Ahne aller Generationen einer Art zu suchen.

Die Descendenzlehre, welche diese Hypothese macht, sagt aus, daß die natürliche Verwandtschaft der Arten auf Blutsverwandtschaft beruht. Aber auch dieser Satz schließt eine unerweisliche Hypothese ein, sie lautet:

V. Wenn man den Ursprung aller Massen jetzt lebender Wesen in jener Kette rückwärts verfolgt, so nehmen diese alle im gleichen Zeitpunkt den Raum eines Organismus ein, in welchem vollständige Diffusion der Massentheilchen möglich war.

Die natürlichen Familien müssen demgemäß aus einander im Laufe der geologischen Zeiträume hervorgegangen sein, so daß die einfacheren zuerst, die complicirten zuletzt auftraten.

Durch die Blutsverwandtschaft ist bedingt, daß die bestimmten Züge: 1. des Charakters, 2. der Lebensweise, 3. der Gestalt von den Ahnen auf den Sprößling übertragen wurden, so wie thatsächlich ja mit dem geschlechtlichen Acte eine Mischung eintritt, in welcher die Eigenschaften der Eltern als Keime vereinigt werden. Die Blutsverwandtschaft im Sinne der DARWIN'schen Lehre involvirt materielle Substrate bei der Uebertragung der Form, des Charakters etc. von Generation zu Generation. Ueberträgt man diese Betrachtung auf die Zelle einer einzigen Pflanze, so findet man eine ähnliche Blutsverwandtschaft, da eine Generation der Zustand der Zelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilungen ist.

Wir können fagen:

VI. Eine niedere Pflanze kann aus einer einzigen Zelle bestehen, so die Palmellaceen, Desmidiaceen u. a. m., welche nur einfache Theilungen ausführt, so daß 2, 4, 8 . . . neue Individuen je der nächsten Generation entstehen.

Die höhere Pflanze verfährt im Wesen der Sache nicht anders; sie entsteht ebenfalls aus einer einzigen Zelle (der Eizelle). Die Abkömmlinge dieser aber bleiben vereinigt zu dem Stock oder Stammbaum von vielen tausend Zellen in einem Individuum.

Die niedere Pflanze ist eine Algenzelle aus der Familie der Palmellaceen. Sie wächst mit einfachem Hohlraum, einem einzigen flüssigen Leib, welcher die Hülle der Membran vergrößert, sich ernährt, sodann sich theilt in zwei Individuen, welche demgemäß unter sich nächste Blutsverwandte sind.

Die beiden Descendenten Fig. 1 *c d* zeigen keine anderen Eigenschaften als ihre Mutterzelle. Sie wiederholen denselben Proceß. Denken wir uns die verschiedenen Generationen, deren Zähligkeit 1, 2, 4, 8 sein kann, nicht für sich individualisirt, sondern verwachsen, so entsteht ein Zweigsystem. Die einzelnen Glieder (Generationen) 1, 2, 4, 8 derselben verlieren bei gewissen Algen die Theilungsfähigkeit.

In jedem Gliede aber ist ein Theil (wägbarer Theil) des flüssigen Leibes der ersten Generation enthalten.

Die complicirte Pflanze läßt sich verfolgen von dem Zustand der Einzelzelle, der Keimzelle, durch deren Theilung das System nach zahlreichen Generationen verschiedener morphotischer Bedeutung sich vollendet, bis zu dem Zustande, wo wiederum in einzelnen Zellen der Vorgang der Zeugung erfolgt.

B. Vertheilung der Functionen.

In dem Maße der Zerklüftung in Tochterzellen werden die Functionen, welche ursprünglich in der Einzelzelle als Keime niedergelegt waren, an bestimmte Zellen vertheilt, so daß eine Tochterzelle zur Dauerzelle — die andere zur Mutterzelle werden kann.

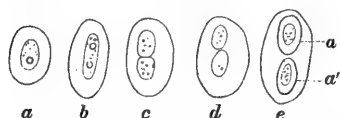


FIG. 1. *Palmogloea macrococca*. Entwicklungsreihe (nach A. BRAUN). *a* eine Zelle vor der Theilung mit Gallertthülle. *b* eine ebenfolche im Maximum der Ausdehnung kurz vor der Theilung. *c* soeben vollzogene Theilung. *d* die beiden Tochterzellen haben sich getrennt. *e* an den Tochterzellen haben sich die Gallertthüllen gebildet.

Die eine trägt den Keim zum Blatte, die andere zur Wurzel, die dritte den Keim zum Zweig. Ja selbst in einem und demselben Gewebe, als da sind: Parenchym der Rinde, Mark, Epidermis u. f. f., sehen wir, daß unter 10 oder 20 Zellen eine einen Krytall führt, die andern nicht; eine bildet ein Haar, die andern nicht; eine bildet eine Drüse und die andern nicht u. f. f. Alle aber sind unter sich Blutsverwandte, alle

entsprossen der einzigen Zelle, der Keimzelle. Die Uebertragung der in der Eizelle gemischten Substrate für die verschiedenartigsten Functionen an die Einzeltochterzellen kann man die physiologische Differenzirung nennen, so weit es sich um Lebensproceß handelt, die morphotische Differenzirung, soweit die Form dabei allein in Betracht kommt.

Die Blutsverwandtschaft der Zellenabkömmlinge mit der Keimzelle zeigt sich in ihrer Neigung, die Proceß der letzteren zu wiederholen.

a) Der Descendent verbleibt in der Zellencolonie.

Von der Keimzelle ausgehend können die Descendenten des ersten, zweiten, . . . n ten Grades verwachsen bleiben. Sie müssen sich dann selbstredend gegenseitig anpassen, zunächst räumlich nicht anders wie sich Gasblasen in einem Gefäße unter sich und dem Gefäße anpassen, in welchem sie enthalten sind. Ihre Theilungsfähigkeit und anderweitige Function wird durch räumliche Widerstände verschieden sein müssen. Ein an der freien Außenfläche liegender Abkömmling wird größeren Spielraum haben als ein allseitig eingeschlossener. Andererseits wird der nach außen liegende Ab-

kömmeling größeren Gefahren ausgesetzt sein, dem entsprechend andere Functionen übernehmen gegenüber dem ganzen System, welchem er angehört.

b) Der Descendent verläßt die Zellencolonie.

Zählen wir von der Keimzelle der gegebenen Pflanzenart ab die Generationen 1, 2 . . . n, welche in dem unter a) besprochenen Sinne verbunden bleiben, um das angestrebte System zu vollenden, bis wir zur Anlage der zweiten Generation kommen, d. h. derjenigen Zelle, welche bestimmt ist, von der Pflanze abgeschieden zu werden, um draußen eine neue Pflanze zu bilden, so beschreiben wir den Cyclus von Theilungs- und Wachstumsprocessen, welchen man die Evolution der Form nennt, und betreten die zweite Generation, wenn wir bei der zweiten Eizelle angelangt sind. Diese kann nun ein naher oder entfernter Verwandter der ersten Eizelle sein, von welcher wir ausgingen. Die Verwandtschaft ist um so näher, je niedriger die gegebene Pflanzenart steht, sie ist um so entfernter, je höher die Pflanze organisiert ist.

C. Rückschlag an Zellen und Zellgeweben.

Die Dauerzellen der Pflanzenorgane, der Blätter, des Stammes, der Wurzel u. s. f. haben im allgemeinen die Eigenschaft verloren, ähnliche Evolutionen auszuführen, wie die Keimzelle (die Knospe), nur ausnahmsweise schlägt die Dauerzelle in die Keimzelle zurück, so daß durch ihre Theilungen eine förmliche Verjüngung eintritt; so documentiren die adventiven Sprosse der Blättzähne von *Bryophyllum*, Fig. 2, die Blutsverwandtschaft mit der Knospe, den Zellen des Vegetationspunktes; ebenso wie alle adventiven Sprossungen in den Blütenstand der viviparen Größen, die adventiven Laubsprosse der Rinde unserer Waldbäume, die Brutknospen der Zwiebelpflanzen, die Conidien der Laub- und Lebermoose auf das deutlichste zeigen, daß der Keim der Verjüngung, welcher in der einen Phase dem Organ abhanden kam, in der späteren wieder zum Vorschein kommt.

Bei den viviparen Farren, Fig. 3, erfolgt die Verjüngung aus den fertig differenzirten Zellen des Wedels B, die Ausflußstelle liegt zwischen A A'.

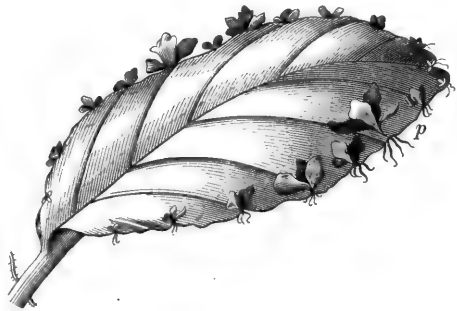


FIG. 2. Das Blatt von *Bryophyllum* mit Adventivknospen *p* in den Blättgliedern (Zähnen) zur Demonstration des Rückschlags von Dauerzellen des Blattes in die Function der Knospengewebe.

Eine engbegrenzte kleine Stelle des Blattgewebes bringt hier eine mit allen Organen verfehene junge Pflanze hervor.

Sowie an einem Stock, dessen Dauerzellen nach längerer Ruhe plötzlich wieder die Verjüngung befragen, die Verwandtschaft der Dauerzelle mit der Keimzelle (oder dem Vegetationspunkt) nachgewiesen ist, so erweisen uns die Gewohnheiten, die Lebensweise, der Charakter und die Form der Enkel die Blutsverwandtschaft mit den Ahnen.

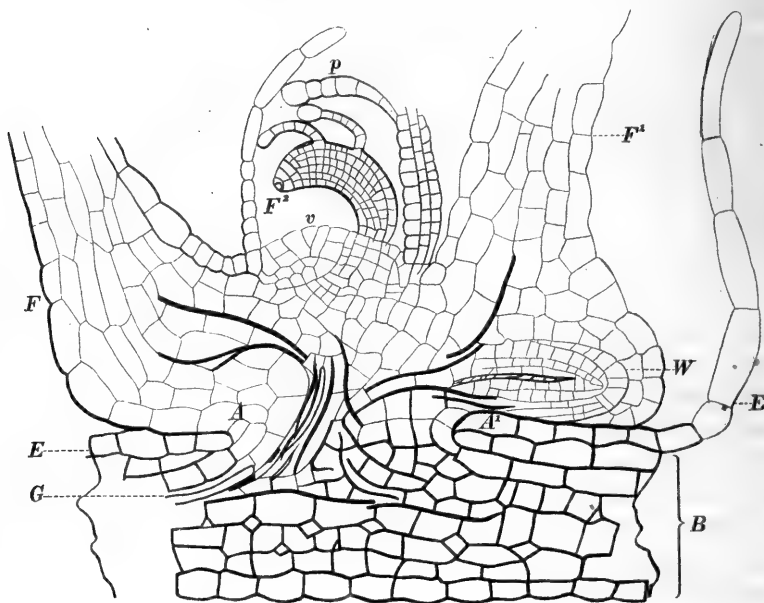


FIG. 3. Durchschnitt durch die adventive Farrenpflanze, welche aus dem fertig differenzirten Farrenwedel *B* entproßt. Zwischen *A* und *A'* verjüngen sich die Zellen des Blattes. *F* *F'* *F''* die aufeinanderfolgenden Wedel. *W* die Wurzelanlage an der Basis des Wedels. *v* Vegetationspunkt. *p* keulenförmige Spreuschuppen (Haare). *E* Epidermis.

Diefer Rückschlag (Atavismus) führt zur Reproduction sichtbarer Eigenschaften der Ascendenten in Descendenten, während die Formkeime ruhen in den dazwischen belegenen Abkömmlingen. Genau so aber an einer Pflanzengeneration können wir die adventive Verjüngung aus der Dauerzelle unter diese Erscheinung rechnen (physiologischer Atavismus).

Ganz durchschlagend tritt dieser Rückschlag bei Verwundungen höchst organisiert Pflanzen ein. Bei solchen werden Zellengewebe zur Neubildung gereizt, welche sonst einem stabilen Zustande zustrebten. In diesem wären sie für immer in Ruhe und nur solchen molecularen Veränderungen ausgesetzt, welche nichts mit den vitalen Proceßsen zu thun haben.

So hat die Zone *G H*, Fig. 4, ein Rinden- und Holzstück repro-

ducirt aus Zellen, welche dem fertig differenzirten Holz angehörten (f. S. 370, Buch I).

Die letzten Descendenten eines Vermehrungsgewebes sind durch den äußeren Reiz in die Gewohnheiten ihrer Ahnen zurückgeschlagen.

Beide Vorgänge der Reproduction, die Knospenbildung des Bryophyllum und die Neubildung an der Wunde, Fig. 4, zeigen uns, daß die physiologische Differenzirung der Zelle im complicirten Organismus niemals eine vollkommene ist; daß vielen noch so deutlich individualisirten Zellen die Eigenschaften der Keimzelle, wenn auch im niederen Grade innewohnen.

Bei der allgemeinen Behandlung der Erscheinungen des Rückschlags sollte man in erster Linie Charakterzüge in's Auge fassen, oder Bewegungsercheinungen an Organismen studiren, welche auf Verwandtschaft im Charakter schließen lassen. Die sichtbare Form des Lebewesens muß doch zuletzt abhängen von jenen Gewohnheiten in Bewegung und Lebensweise der Ahnen. Der Parasitismus z. B. ist früh im Pflanzenreich aufgetreten.

Zuerst aber müssen nothwendigerweise höhere Nährpflanzen entstanden sein.

Mustern wir die höhere Pflanze hinsichtlich der Form

der vegetativen Theile, so finden wir, daß sie sich dem Substrat und der Nährpflanze anpassen, in ihren Geschlechtsapparaten aber mit den Algen vielfach übereinstimmen. Der Parasitismus verschwindet für vegetative Theile vollständig in allen Moosen, in allen höheren Cryptogamen, bei allen Coniferen, er tritt erst wieder auf bei den Blütenpflanzen.

Die mechanischen Eingriffe, welche mit denjenigen des Parasiten fast übereinstimmen, finden sich aber in allen benannten Classen: es wurzelt die Moosfeta in der beblätterten Moospflanze und im Lager der Lebermoose, die sogenannte primäre Axe beeinflusst das Prothallium der höheren Cryptogamen, der Vorkeim der Selaginellen und Coniferen zerstört, gerade so wie es ein Parasit thun würde, das Endosperm der Eispflanze. Der Pollenschlauch verhält sich ganz ähnlich wie eine parasitäre Pilzhyphe.

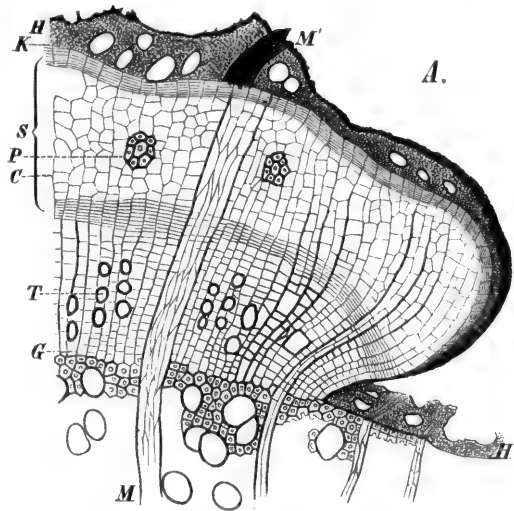


Fig. 4. Callusbildung bei der Buche aus der Grenzzone des foeben entstandenen Holzzuwachses. Nachdem die Rinde abgeschält war, trocknete die äußere Schale des cambialen Holzes ein *HH*, und aus einer tieferbelegenen Schicht entstand der callose Zuwachs, in welchem ein Cambium *C* functionirt. *P* die Rinde. *K* Kork. *F* der Zuwachs am Holz (f. Bd. I d. Handbuchs, S. 370).

Ganz auffällige Wucherungen, welche zerstörend in die nächste Umgebung wirken, bilden:

1^o die Embryofäcke der parasitären Scrophularineen und ihrer nächsten Verwandten (*Lathraea*);

2^o Formzüge, welche in einer niederen Pflanzengruppe charakteristisch, später in höheren aber selten sind, kommen hie und da, aber selten, zum Ausdruck, z. B. die Bildung von Zellengliederfäden, es sind die Zelltheilungen, welche abschließen mit einem cylindrischen Faden hintereinanderbelegener Zellen (Fadenalgen). Dieser Modus der Zellbildung fehlt ganz in den Blättern der Muscineen. Chlorophyllführende Lamellen dieser Art aber treten, bezogen auf die Gesamtgruppe der Moose, ganz vereinzelt, aber ebenso ganz gesetzmäßig auf bei den Polytrichen und einer *Barbula membranifolia*, Fig. 6. Das Protonema der Laubmoose ist ein derartiger Rückschlag nach dem Typus der Fadenalgen.

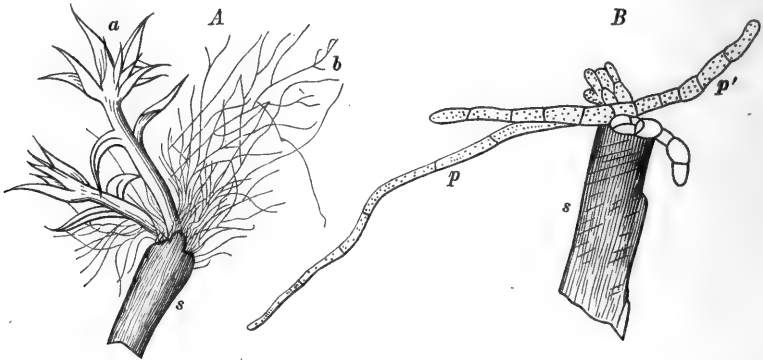


FIG. 5. Vorkeimwucherungen aus Abschnitten der Seta in künstlicher Cultur. A. Sprossung aus der Seta von *Hypnum cupressiforme*, a junge beblätterte Moospflanze, b protonemaartige Fäden. B. Ebenfolche von *H. serpens*, p p' die Protonemafäden. (Nach N. PRINGSHEIM, Vegetative Sprossungen der Moosfrüchte. Königl. Ak. d. Wiss. Berlin 10. Juli 1876.)

Das Auftreten von Protonemasprossen an der Seta der Laubmoose, Fig. 5, im Verlauf künstlicher Culturen aber ist der merkwürdigste Beleg dafür, daß die Keimkraft durch unzählige Generationen von Zellen mitgeht, um gelegentlich zum Ausdruck zu kommen. Denn diese Sprossungen verdanken ihren Ursprung einem Gewebe, welches sonst unter allen Umständen vollständig steril ist und rasch differenzirt wird.

Hierhin gehören alle jene auffälligen Gebilde, welche in aufsteigender Richtung in den Verwandtschaftskreisen immer feltener werden: die Prothallien der Farren z. B., welche rückwärts in den Lagern der Metzgerien, Marchantien, Pellien analoge Theilungsvorgänge besitzen, aufwärts aber gar keine analoge Bildung aufweisen.

3^o kann man alle Verjüngung als einen Rückschlag nach den Gewohnheiten der Zelle oder des Zellencomplexes der Ascendenten ansehen. Dahin gehören:

a) vegetative Verjüngung: vivipare Gräser, Alliumarten, Farrenkräuter, Bryophyllum;

b) sexuelle Verjüngung;

c) Rückschläge durch Bastardirung je nach dem Einfluß von Vater und Mutter in dem Bastard zweiten Grades. Die Bastarde des ersten Grades vereinigen in sich alle Eigenschaften der Eltern gleichmäßig, so daß z. B. eine rothe Blüthe der Mutter und eine gelbe des Vaters, oder umgekehrt, im Bastard so zum Ausdruck kommen, daß dessen Blüthen aus Roth und Gelb gemischt erscheinen. Werden nun die Bastardabkömmlinge in mehreren aufeinanderfolgenden Zeugungen nur vom Vater belegt, so schlagen die daraus entspringenden Bastarde des zweiten Grades allmählig in die Form und Farbe des Vaters zurück¹⁾.

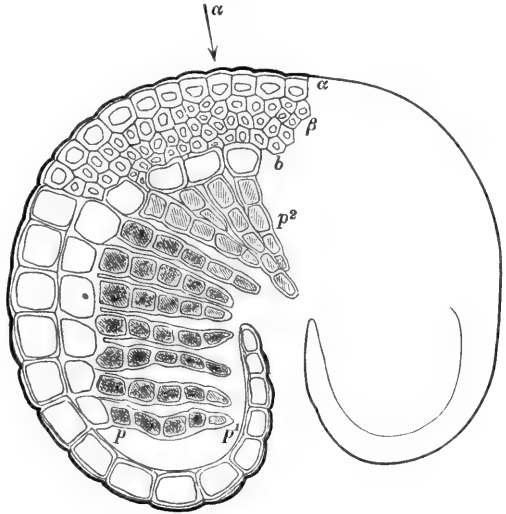


FIG. 6. Querschnitt des Blattes von *Barbula aloides* nach LORENTZ (in PRINGS. Jahrb. VI). Die chlorophyllführenden Lamellen p p^1 p^2 entsprossen der Oberseite des Blattes, nachdem dieses in der Fläche fertig differenziert ist.

D. Zerstreung der Charakter- und Formzüge.

Wenn einmal die Hypothese DARWIN'S Eingang gefunden hat, daß alle Eigenschaften durch materielle unendlich feine Keime erhalten bleiben und durch viele Generationen mitfließen, so drängt sich zunächst der Betrachtung die Zerstörung solcher Formkeime auf. Die Eigenschaften oder vielmehr die Formkeime zu denselben werden im Laufe vieler Generationen verdünnt, vertheilt, dadurch in dem sichtbaren und wägbaren Substrat feltener, so daß schließlich auch der ihnen entsprechende sichtbare Ausdruck der Eigenschaft gar nicht mehr zu Stande kommt. Umgekehrt kann die Anzahl der Formkeime auch wachsen, so daß der sichtbare Ausdruck für die entsprechende äußere Eigenschaft verstärkt wird.

E. Accumulation²⁾.

Umgekehrt wird man sich eine Anhäufung jener Formkeime denken müssen, so daß im Laufe mehrerer Generationen die entsprechende Eigenschaft im Charakter oder der

¹⁾ A. BRAUN, Verjüngung, z. B. *Cytisus Laburno-purpureus*.

²⁾ Die geringe Differenz zwischen Varietät und Stammform vergrößert sich, neue Abweichungen und nach andern Richtungen treten auf. Die der Varietät nützlichen Ab-

Form häufiger auftritt, zuweilen verschwindet und wiederum auftritt. Solches Auftreten und Verschwinden, wiederum verstärkte Auftreten und endliche Constantwerden findet man für viele Gebilde, wenn man das Pflanzenreich von den niederen nach den höheren Verwandtschaftskreisen abmusterf. Die Behaarung, die Secretion, die Umwandlung (Metamorphose) von Blatt und Stamm zu Offensiv- und Defensivaffen und vieles andere.

Die Accumulation wird durch die künstliche Zuchtwahl beschleunigt. Wir verstehen darunter die Auswahl, welche der Züchter unter den Eltern für die nächste Generation trifft. Meist geschieht dieß in der Absicht, gewisse Variationen, neue Eigenschaften, welche in einer gegebenen Generation zuerst auftreten, zu verstärken, constant zu machen. Auf diese Weise entstehen noch jetzt die zahlreichen Spielarten der Zierpflanzen, der Blumen, der Gemüse, der Obstarten, der Hausthiere.

Möge in einem gegebenen Areal, einem Gartenbeet, nur eine Form mit rothen Blüten vorkommen, so benutzt der Züchter die geringste Abweichung nach der weißen hin dazu, weiße Blüten zu züchten, indem er nur weiße gegenseitig befruchtet. Aus den folgenden Generationen wählt er wiederum die weißen aus und erhält nach mehreren Generationen die gewünschte Varietät. A priori läßt sich leicht einsehen, daß wenn einer neuen Eigenschaft ein materielles Substrat zu Grunde liegt, diese Methode, weil sie von Vater und Mutter dieses Substrat im befruchteten Ei häuft, zu dem angegebenen Ziele führen muß:

daß auch der sichtbare Ausdruck in der neuen Eigenschaft größer und constanter wird.

Die Neigung zu variiren wohnt in jedem Organismus; sie muß als unabhängig angesehen werden von äußeren Einflüssen, wie die Wirkungen von Schwere, Licht, Boden-

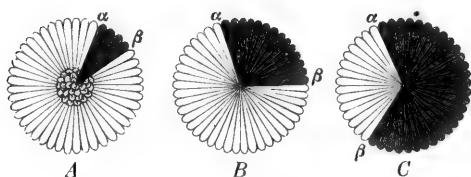


Fig. 7. Schematische Darstellung der gefüllten Blüten Scheibe von *Bellis*, der Gartenform. In A ist α β der rothgefärbte Sector, während die größere Fläche weiß ist, die Größe des rothgefärbten Theiles wächst nach B und C.

weichungen werden constant, die schädlichen verschwinden. Z. B. bei den Hieracien finden wir ein ähnliches Verhalten wie bei den Kürbissen und Kohlarten. Neben zahlreichen Formen, die man als Arten ansieht, findet man noch zahlreichere Mittelformen, die nur z. Th. Bastarde, meist aber Varietäten von vollkommener Fruchtbarkeit sind. NÄGELI findet, daß wenn man alle Typen, die durch Uebergangsformen von vollkommener Fruchtbarkeit verbunden sind, in eine Art vereinigen wollte, drei Species resultirten:

- Pilosella (Piloselloiden),
- Hieracium (Archieracium),
- Chlorocrepis (Hier. staticifolium),

zwischen diesen mangeln die Uebergänge vollständig. Die Hieraciumarten müßten nach NÄGELI durch Transmutation aus untergegangenen oder noch lebenden Arten entstanden sein. Die Culturformen sind durch Zwischenglieder verbunden oder diese sind ausgestorben, je nachdem sind die Arten scharf getrennt oder nicht. So wie der Züchter, bewußt oder unbewußt, eine bestimmte Eigenschaft durch Zuchtwahl accumulirt, so verfährt auch die Natur, nur mit viel complicirteren Mitteln. Weizen accumulirt seinen Mehlgehalt in der Frucht, Kohlarten verstärken Eigenschaften, welche für das Leben dieser Pflanzen in der freien Natur geradezu schädlich sind, Rüben ihren Zuckergehalt u. f. f.

beschaffenheit, Wärme, wiewohl manche Variation sich diesen Agentien anpassen mag.

Beispiele der Variation, welche eine solche Anpassung ausschließen, sind:

Zerschlitzte Buchenblätter, Weinblätter (Peterfilientraube), Farbe der Blüten, Panachiren der Ahorne (diese Eigenschaft ist geradezu schädlich), Dimorphismus der Blüthe bei *Oxalis*, *Viola*, *Linum*, *Primula*. Bei *Carpinus*, *Alnus* treten unter vielen ganzrandigen wenige zerschlitzte Blätter auf.

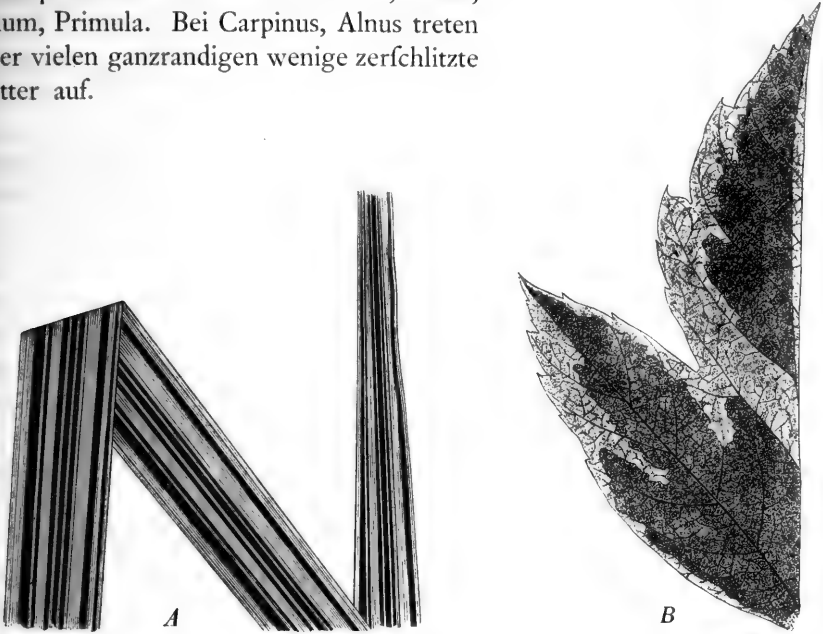


FIG. 8. Panachirte Blätter. A *Phalaris arundinacea*. B *Acer pseudoplatanus*. Die hellen Partien sind die chlorophyllfreien, die dunkeln entsprechen den grünen Theilen der Blattfläche.

Einzelne grüne Blätter treten an der Blutbuche, einige schwach und wenig roth gefärbte Blätter treten an der gewöhnlichen Buche auf.

Die zahlreichen Georginen stammen von drei Stammpflanzen her, welche 1789—91 aus Mexico nach Madrid gefandt wurden. Im Jahre 1808 waren in St.-Cloud nur vier Dahlienforten. Aehnlich verhielten sich Iris- und Cinerariaforten, die alle von einem oder wenigen Samen gezogen wurden. Es ergeben sich bei dem ersten Auftreten der Variation zwei Wahrnehmungen:

- 1° zeigt sich das häufige Auftreten einer und derselben Varietät und
- 2° die Erscheinung des Rückschlages einzelner Zweige in die Stammformen an einer gegebenen Varietät.

Neben geringfügigen erblichen Modalitäten der Abweichung kommen auch sehr weitgehende, plötzliche Abweichungen vor, die, wenn nicht der Ursprung bekannt wäre, zur Aufstellung neuer Gattungen Anlaß geben würden (Pelorien der *Linaria*). Varietäten sind nicht immer constant (so wie

man gute und schlechte Arten unterscheidet), sie können aber durch Zuchtwahl constant gemacht werden.

Der Ausdruck Varietät ist ebenso schwer zu definiren wie der Ausdruck Art, gemeinschaftliche Abstammung ist meistens mit einbedungen, obwohl so selten mit Bestimmtheit nachweisbar.

Primula veris und *Pr. elatior* sind durch zahlreiche Zwischenglieder verbunden und werden als Varietäten angesehen, obwohl ihre Eigenschaften und ihre Lebensweise so verschieden ist, daß sie als Arten gelten könnten.

Papaver somniferum mit Antheren, welche in Carpelle umgewandelt sind, ist in Heidelberg nach HOFMEISTER formbeständig; die Varietät wurde zuerst beobachtet 1863 mit 6 % von diesen ausgefäet,

1864 » 17 % geerntet »

1865 » 27 % » »

1866 » 69 % » »

1867 » 97 % » »

Eine derartige Bildungsabweichung wird eher schon als Monstrosität bezeichnet.

Unter Monstrosität versteht man eine Abweichung der Structur in einem Theile der Form, welche dieser nicht nützlich, sondern schädlich ist und welche sich gewöhnlich nicht vererbt (DARWIN).

Wenn es sich daher nach den vorstehenden Feststellungen um die Frage handelt, ob eine Form als Art oder Varietät zu bestimmen sei, scheint die Meinung der Naturforscher von gesundem Urtheil und reicher Erfahrung der einzige Führer zu sein.

1. Varietäten.

Man muß grundsätzlich Varietät eine Abweichung in der Generation $n + 1$ bezogen auf die Generation n nennen, welche selbständig aus einem inneren Bildungstrieb entspringt, unabhängig von äußeren Agentien und unabhängig von der geschlechtlichen oder vegetativen Mischung, wie sie durch Kreuzung zweier Stammarten, Verwachsung, Pfropfen u. s. f. stattfindet.

Die Abweichung ist schädlich, z. B. jenes Panachiren, wodurch der Baum eine geringere Lichteinnahme hat (vergl. Bd. I S. 490 ff.), und wird in der Natur nicht gehäuft. Sie kann nur erhalten bleiben, indem der Mensch sie schützt. Fast alle dem Menschen nützliche Eigenschaften unserer Culturpflanzen würden die Racen zum Untergang führen, wenn die Cultur des Menschen plötzlich aufhörte. Es fehlt den Culturvarietäten aus der Familie der Gräser (Cerealien) z. B. jedes Mittel die Concurrenz abzuhalten (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 477 in der Note).

Die Eigenschaft ist nützlich für die Erhaltung der Race, alsdann wird sie gehäuft, verstärkt, ohne jenen künstlichen Schutz. Denn jetzt ist ihre Nützlichkeit für die Erhaltung der Race das Moment für die Häufung (Accumulation).

2. Monstrosität¹⁾.

Die Abweichung von der gewohnten Form kann plötzlich gesteigert sein, so daß ganz fremdartige Gebilde bezogen auf jene zum Vorschein kommen.

Immerhin zeigen sich hier Rückschläge monströser Art, welche an Bekanntes, an gewohnte Bildungen, die zu anderer Zeit, in anderer Phase oder bei ganz nahe verwandten Arten vorkommen, anklingen, z. B. die Pelorien der Scrophulariaceen, Fig. 9 und 10. Die Pelorien der Linaria, Fig. 9, welche streng pentamer nach den pentameren regelmäßigen Blüten der Solaneen und verwandten Familien hinschlägt. Die Pelorie

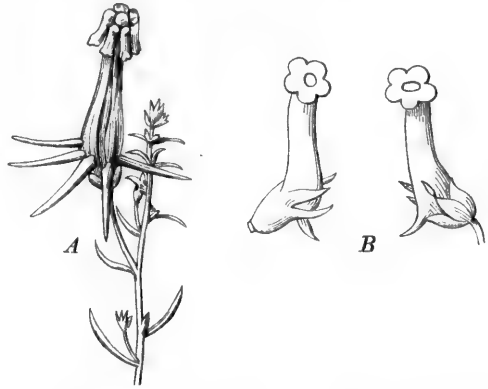


FIG. 9. Pelorien der *Linaria vulgaris* nach RATZBURG (nachgekauenes Manuscript in der Bibliothek der Königl. Forstakademie Münden). A Fünfgliedrige Blumenkrone, fünf Sporne. B Fünfgliedrige isoradiäre Blumenkrone mit einem einzigen Sporn.

des Antirrhinum, Fig. 10, welche das Löwenmaul geöffnet bandartig gebildet zeigt, wie die Zungenblüthen der (freilich entfernt verwandten) Compositen.

Jedes Organ der Blüten, jede Anthere, jeder Eisproß, jedes Carpellblatt vermag, wenn die Blüthe einmal in Abweichung gerathen ist, in vor- oder rückschreitender Richtung zu durchaus abweichender Form sich zu gestalten, Fig. 10.

¹⁾ Missbildungen (Monstrositäten).

MOLDENHOWER, Beiträge z. Anatomie d. Pflanzen. 1872. Kieler Königl. Schulbuchdruckerei G. L. Wäfer. — Notice sur la cloque de la pomme de terre par B. C. DU MORTIER. Bruxelles 1845. — Dr. F. L. v. SCHLECHTENDAL, Mißbildungen und Frucht bei Papaver. — Prof. Dr. SCHLECHTENDAL, Abnorme Blattbildungen. Bot. Ztg. 55. Abnorme Bildungen. Bot. Ztg. 56. Abnorme Pflanzenbildungen. Bot. Ztg. 57. — G. VROLIK, Eene zonderlinge wakering der blaem in Poars Vingerbed (*Digitalis purpurea*). Sep.-Abdr. — Dr. GEORG ENGELMANN, *Icones Florum antholyticorum*. Frankfurt a. M. 1832. — C. A. MEYER, Mißbildungen, beobachtet an *Cardamine pratensis*. 1838. — L. C. TREVIRANUS, Weitere Bemerkungen über monströse Blätter von *Aristolochia macrophylla*. Fernere Beobachtung über Verkümmern der Blumenkrone und die Wirkungen davon. — J. H. MOKKENBER, med. doct., Beschreibung einer Volled. Vergröning van *Primula sinensis* Lindl., Sep.-Abdr. — E. VON BERG, Vollständ. Bericht über einig. bei verschied. Pflz. beobachtete Ausartungen. Neu-Brandenburg 1843. — M. Th. PARLATORE, Note sur une monstruosité des cônes de l'abies brunoniana Wallich. Paris. — BEYERINCK, M. W., Ueber Pflanzengallen. 17. 33. Bot. Ztg. 77. — CELAKOVSKY, L., Vergrünungsgefch. der Eichen von *Trifolium repens* L. 137. 153. 169. Bot. Ztg. 1877.

Die monstrose Vergrünung in der Blütenregion führt die Gebilde nach der Laubregion zurück, Fig. 11.

Statt der Blüten entstehen doldig gestellte Blätter bei *Carum* und anderen Umbelliferen; bei *Celosia* schlagen alle Blüten oder ein großer Theil fehl. Es entstehen Schuppenblätter der Hochblattregion.

a) Aeüßerer Reiz bekannt.

Für einige dieser Abweichungen kann ein äußerer Reiz als Ursache angesehen werden. Die abnorme Ausbildung kümmernder Zweige bei der

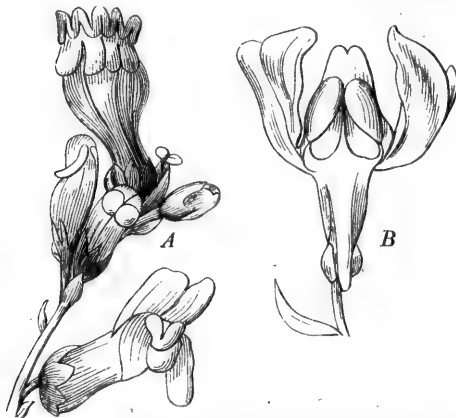


FIG. 10. Pelorien von *Antirrhinum majus*. A Die fünf Zipfel der pentameren Corolle ganz verbündert. B Die Unterlippe in zwei Lappen zerfchlitzt (nach RATZBURG, Skizzen aus dem Nachlaß).

Birke, Tanne, die sogenannten Hexenbesen, sind Folgen parasitären Einflusses der Pilze. Die Wucherungen des Insectenstiches der Gallwespen (*Cynips*), der *Phytoptus*, zahlreicher Pilze der Uredineen, Ustilagineen, Chytridien u. a. m. gehören hieher. Sie dürfen nicht vererblich sein. Wohl aber muß die rückwirkende Anpassungsfähigkeit der Nährpflanzen an den Parasiten vererblich gedacht werden.

Verwundungen, sofern sie nicht Tod durch zu großen Verlust an leitenden Geweben oder

Fäulniß veranlassen, verursachen eine Massenzunahme, häufig eine Axenabzweigung oder eine abnorme Wucherung der Korkzellen. Bedeutender noch zeigt sich die Massenvermehrung bei dauerndem Druck (Ueberwallung von Stämmen, welche sich gegenseitig pressen), Ueberwallung von Ringeldrähten. Bei den Gallen unterscheiden wir:

- a) solche, an denen sich die Axe sowie die Blätter betheiligen;
- b) solche, welche aus dem Grundgewebe der Blätter entstehen (Knopperrn), es gehört die der Rofa hieher von *Cynips*.

Bei der Fichte veranlassen Milben die Bildung von geschlossenen Zapfen aus der vegetativen Knospe.

b) Aeüßerer Reiz unbekannt.

Die Fasciationen der Tanne, Fichte, Erle, der Compositen, Plantagineen u. a. m. aber entstehen ganz vereinzelt, und ein äußerer Reiz ist ebenso unbekannt wie für die ersten Spuren der Variation der sonstigen leisen Bildungsabweichungen.

Wir heben das oben schon Gefagte noch einmal hervor:

VI. Die Variation ist innerlich bedingt mit kaum nennenswerthen Ausnahmen. Der in der Natur scheinbar so vielfach sich anzeigende Einfluß der Medien des Lichts, der Wärme u. f. w. auf die Variation beruht auf spontaner Adaption der geeignetsten Form (Varietät) an die gegebenen besonderen Verhältnisse.

Ebenso müssen Ernährungszustände von der Variation unterschieden werden. Erblisch werdende neue Eigenschaften sind unabhängig von der Ernährung, dem Lichte u. f. f., wiewohl namentlich die Verpflanzung in den Garten die Constitution der Form erschüttern kann, so daß das Auftreten neuer Varietäten rascher erfolgt.

Gerade weil die Varietät von äußern Agentien nicht abhängt, wird sie erblich. Wäre die neue Eigenschaft von Licht, Schatten z. B. abhängig, so könnte sie eben nicht erblich werden.

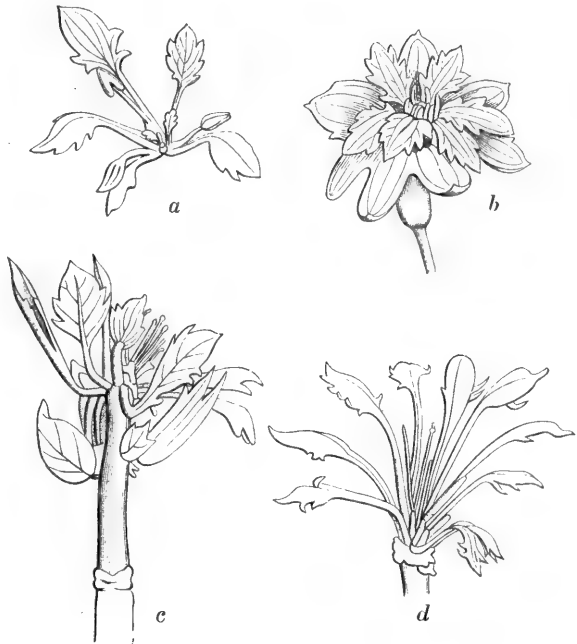


FIG. 11. *ab* vergrünte Blüten von *Primula sinensis* Lindl. *cd* die Placenten aus solchen vergrünten Blüten bei dreifacher Vergrößerung (nach CRAMER, Bildungsabweichungen, Zürich 1864).

Stets beginnt die Varietät mit schwachem Ausdruck der neuen Eigenschaft, schwach und wenig andersfarbige Blätter, Blüten, wenig gefüllte Blüten der Malven, Rosen, Aconite. Auch die monströse Neigung ist im Beginn schwach und neigt zur Anhäufung (HOFMEISTER'S Verzeichniß der metamorphen Mohnblüthen, f. Allg. Morphologie).

F. Künstliche Zuchtwahl. Kampf um's Dasein. Darwin's Theorie.

Man kann diesen Gegenstand, dessen Literatur in allen Gebieten in kurzer Zeit so außerordentlich rasch gewachsen ist, daß eine Umschreibung der Aufgabe unnöthig wird, so behandeln:

Der Züchter schützt die von ihm gewünschte im Beginn schwache

Varietät gegen die Mitbewerber. Er wählt unter den zahlreichen Varietäten diejenige aus, welche ihm in irgend einem Sinne Vortheil bietet. Solche Eigenschaften können offenbar für die Erhaltung der Race geradezu schädlich sein dann, wenn sie den Schutz des Züchters entbehren, die ganze Macht

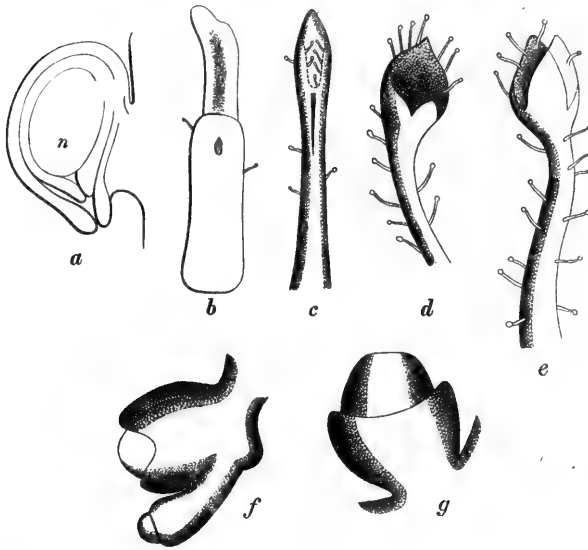


FIG. 12. Stärker vergrößerte Eifprosse aus den vergrüneten Blüten der *Primula sinensis* (vgl. Fig. 11). *a* ein normales Ovulum. *b* bis *g* verbildete Ovula aus den Placenten *c* und *d* Fig. 11 (bei 20- bis 30-facher Vergrößerung nach CRAMER a. a. O.).

äußerer Einflüsse in der freien Natur auszuhalten haben. Somit vollführt die künstliche Zuchtwahl dreierlei, bezogen auf die Wirkung aller Naturkräfte, welche im freien Zustande¹⁾ die Race beeinflussen:

1^o eliminirt sie alle Mitbewerbung um das von der Race bewohnte Areal;

2^o erschüttert sie den Charakter der Racen durch Erleichterung und Erschwerung der Existenzbedingungen;

3^o führt sie die sexuelle Zuchtwahl einem bestimmten Ziele zu, indem sie Vater und Mutter wählt (bestimmt)²⁾.

VII. Im allgemeinen ist die künstliche Zuchtwahl eine einfachere Kette von Causalitäten als die Kette von unzähligen äußeren Einwirkungen, gegenüber welchen sich die gegebene Race im freien Zustande zu erhalten hat.

Wir müssen nun, um die Vorstudien zu dem Begriff der Art zu machen, festhalten, daß der Züchter durch seine Hilfsmittel zu Formen kommt,

¹⁾ Der Zustand, wo aller Eingriff durch Menschenhand ausgeschlossen ist.

²⁾ DARWIN, Entstehung d. Arten. 1. Ausgabe übersetzt von BRONN. Stuttgart. Schweizerbart 1863. Entstehung des Menschen, übersetzt von V. CARUS. Stuttgart ebend. 1871. — HÆCKEL, Generelle Morphologie der Organismen. Berlin. G. Reimer. 1866. Schöpfungsgeschichte. Berlin. G. Reimer. 1870. — Dr. E. ASKENASY, Beiträge zur Kritik d. DARWIN'schen Lehre. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1872. — Prof. ERDMANN, DARWIN'S Erklärung pathognomischer Erscheinungen. Halle. H. W. Schmidt. 1873. — ZITTELMANN, Der Materialismus u. f. f. Preussische Jahrbücher 1876. 2. Bd. S. 513 ff. — Bericht der Münchener Naturf.-Verf. 1877. Rede VIRCHOW'S.

welche jedenfalls, wenn sie von den Naturforschern draußen im Freien angetroffen würden, als Arten (Species) angesehen würden.

Der Züchter aber hat den Stammbaum der zwei, drei u. f. f. Varietäten, welche er aus der Stammrace erzielte, in der Hand, er weiß (oder

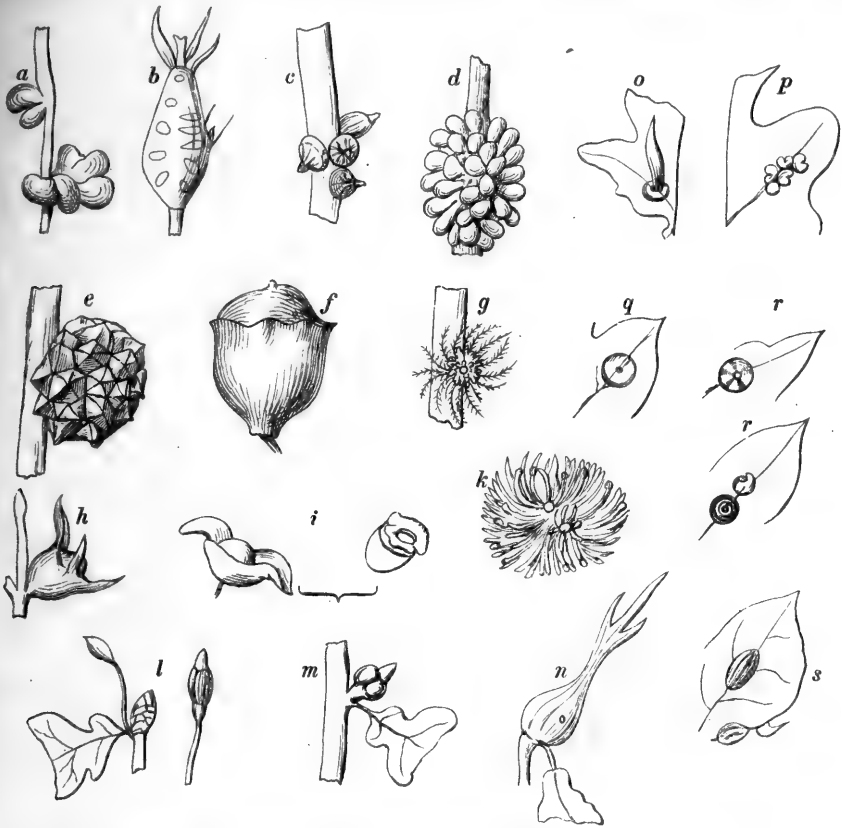


FIG. 13. Gallen an der Eiche. *a* Biorhiza aptera. *b* Dryocosmus macroptera. *c* Aphilotrix Sieboldi. *d* Dryocosmus cerripilus. *e* Cynips Hartigii. *f* *C. argentea*. *g* Aphilotrix serotina. *h* Cynips polycera. *i* *C. glutinosa*. *k* Aphilotrix lucida. *l* *A. calliderma*. *m* *A. glandulosa*. *n* Cynips aries. *o* Dryophantha cornifex. *p* *Dr. disticha*. *q* Neurotherus fumipennis. *r* *N. numismaticus*. *s* Cynips marginalis. *a* und *b* sind Wurzelgallen, die übrigen Blatt- und Zweiggallen.

konnte doch genau wissen), wie die jetzt lebenden mit der ursprünglichen Race verwandt sind, von welcher sie ausgingen. Offenbar kann er die Stammart ganz verschwinden, eingehen lassen. Der sichtbare Ausdruck concurrirender Varietäten würde dann verschwunden sein, oder nur eine geschriebene Spur in seinem Archiv zurücklassen.

Hier hat also der Wille des Menschen durch einen einfacheren Proceß dasselbe erzielt, was die Natur, wie zu zeigen ist, mit vielen tausenden analoger Beziehungen in einer steten Kette von äußeren Einflüssen erreicht.

In dem Ausdruck «der Kampf um's Dasein» hat DARWIN alle diese Beziehungen zusammengefaßt.

1. Kampf um's Dasein.

Ein jeder Organismus sucht sich zu vermehren, um sich zu greifen, ein möglichst großes Areal zu beherrschen. Familien, die dieß erreicht haben,

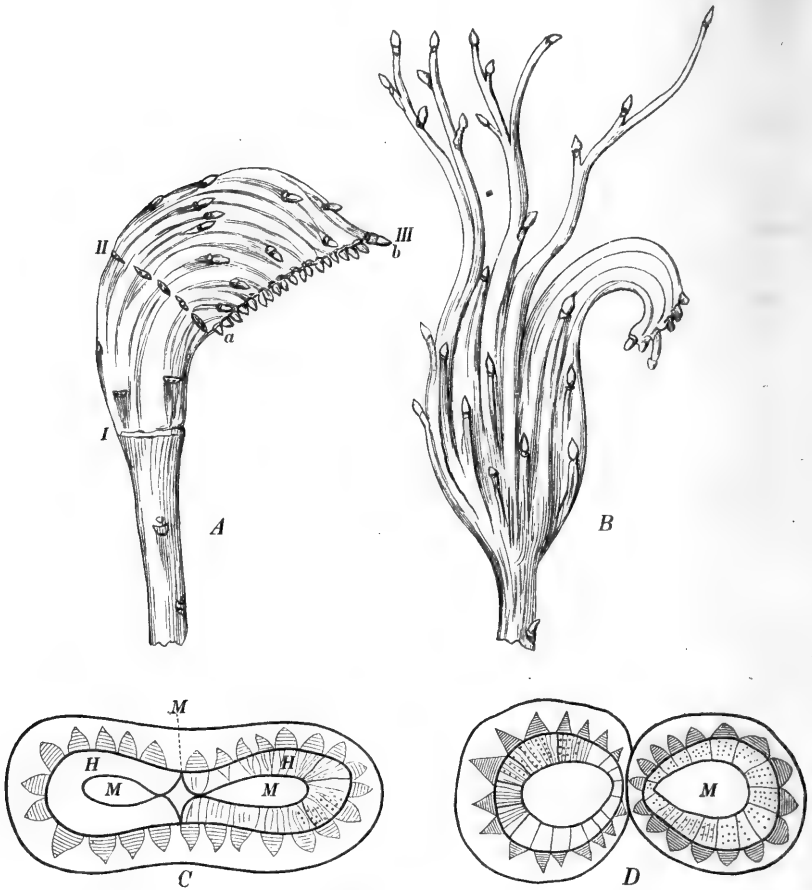


FIG. 14. *A* Fasciation der Esche, bis *I* ist der Zweig normal, von *I* bis *II* erster, von *II* bis *III* zweiter Jahrestrieb des verbündeten Zweiges, in *a b* eine Reihe dichtgedrängter Knospen. *B* Fasciation der Erle, zum Theil löst sich das Band wieder in normale Zweiglein auf. *C* Querschnitt durch eine Zweigverschmelzung der Linde. *D* ebenso von der Stelle, wo die Verwachsung vollständig ist.

werden dominirende genannt, auch wenn sie nur mit wenig Arten auftreten, als Beispiele: Gramineen, Papilionaceen, Compositen, Cupuliferen u. v. a., welche den Charakter der gegebenen Flora kennzeichnen. Siegreiche Formen sind die Bewaffneten gegen die Waffenlosen:

Die Nessel verdrängt viele andere Unkräuter, die Zaunrübe erdrückt durch ihre Klammerapparate die Gefträuche. *Galium aparine* siegt überall an feinem Standort.

Waffen sind die Brennhaare, die Ranken, die Stacheln, Hauttorien, aber auch die Farbenpracht, der Honigreichthum, die wohlschmeckenden Früchte.

In einer gegebenen Gegend wird die gegebene Race durch die Mitbewerber in Schranken gehalten. Auffällig siegreiche Eindringlinge bei uns sind:

1° *Elodea canadensis*, seit 1842 in England, seit 1854 in Holland, bei uns ein Schiffahrt belästigendes Unkraut;

2° *Erigeron canadensis*, Unkraut unfreier Wälder;

3° *Oenothera biennis*, seit Ende des 17. Jahrhunderts bei uns aus dem Orient;

4° Cosmopoliten sind: die Urticeen, *Plantago*-arten, die Zigeunerpflanzen: *Lycium*, *Atropa* u. a. m., über die Florengebiete der ganzen Welt verbreitet sind die *Compositae*.

Herrschende Racen sind die viele Mitbewerber ausschließenden *Fagus*-, *Quercus*-arten, die Coniferen. Die Waldregion der nördlichen Halbkugel besitzt vicariirende Arten von Asien über Europa und Nordamerika (*Pinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Picea*, *Abies*).

1° Das Vorkommen sporadischer Pflanzen ist selten, der Zusammenhang der Wohnbezirke vollständig.

2° Die Infelfloren sind beziehungsweise arm. Herrschende Racen der Continente fehlen, namentlich für schwerbewegliche Früchte (Eiche z. B.).

3° Die Tropenflora und die Floren der Südspitze Afrika's und Amerika's weichen am vollständigsten von den continentalen Floren der nördlichen Halbkugel ab.

4° Bei jeder plötzlichen Ortsveränderung (Verschleppung von Samen) geräth der Ankömmling in ein Gebiet, in welchem die Gegenwirkung kleiner ist als in seiner Heimath.

5° Der Kampf um's Dasein vermindert auch die wenig kampffähigen Formen, somit die Anzahl der Varietäten, so allein kommt es dahin, daß systematisch scharf umschriebene Arten zu Stande kommen.

VIII. Hauptsatz. Der Kampf um's Dasein vermehrt die Individuenzahl der siegreichen Formen. Die Gesamtzahl der Formen wird durch das Verschwinden der besiegten auf einem gegebenen Areal kleiner, während die Anzahl weniger Arten wächst.

Unter naheverwandten Kämpfern mit gleichen Waffen wird der Kampf am härtesten, die Ausschließung am raschesten sein.

«Große Sippen, d. h. artenreiche Verwandtschaftskreise, haben meist mehr dominirende Arten im gegebenen Areal als kleine artenarme Sippen.»

«Die dominirenden Arten, d. h. die am üppigsten im gegebenen

Areal wachsenden und in der größten Individuenzahl vorhandenen bilden die ausgeprägtesten Varietäten (beginnende Arten)», z. B. Hieracien, Rubus.

2. Darwin's Theorie.

IX. Die Darwin'sche Theorie sagt aus: der Kampf um's Dasein wirkt ähnlich aber mannigfacher wie die künstliche Zuchtwahl. Er accumulirt diejenige neue Eigenschaft, welche der Form nützlich ist.

Die Entstehung neuer Formen mit erblichen festen Eigenschaften ist somit zunächst begründet in der Neigung zu variiren.

Die Befestigung, Häufung, Vererbung dieser ist Folge der fortgesetzten geschlechtlichen Mischung von Individuen gleicher Variation.

Der Kampf um's Dasein trifft eine Auswahl unter den beginnenden Varietäten einer Generation, er vernichtet die schwachen und erhält die starken. Er wählt die nützliche und verwirft die schädliche oder indifferente Abweichung.

IXa. Nützliche Eigenschaften werden accumulirt, schädliche werden deprimirt, indifferente bleiben schwankend¹⁾.

Die Theorie schließt die Annahme ein, daß die Accumulation Folge der häufigen geschlechtlichen Mischung sei.

Diese größere Anzahl der Generationen ist aber offenbar eine Folge der Nützlichkeit der Eigenschaft.

3. Schädlichkeit der Selbstbefruchtung.

Die Schädlichkeit der Selbstbefruchtung wird um so größer, je weiter die morphotische und sexuelle Differenz ausgebildet ist. Als Ausnahmen finden sich bei wenigen niederen Pflanzen geschlechtliche Zellen als Schwesterzellen, welche zum geschlechtlichen Austausch gelangen, z. B. Rhynchonema (unter den Conjugaten), schon bei Spirogyra, den Oedogonien und allen höheren Algen ist die Möglichkeit einer Wechselbefruchtung gegeben.

Bei Vaucheria deutet die Richtung der Antheridienöffnung auf das Bestreben hin, die Selbstbefruchtung zu vermeiden. Die weite Verbreitung des Diöcismus bei Saprolegnien, Characeen, Algen (Fucaceen), Muscineen,

¹⁾ NÄGELI nimmt an, daß die Abweichungen nicht allein durch den Kampf um's Dasein accumulirt werden, daß die Abweichungen nicht bloße zufällige nach allen möglichen Richtungen divergente sind, welche durch den Kampf um's Dasein befestigt werden, sondern glaubt, daß die Veränderungen nach einer bestimmten Richtung zielen, so daß aus der Urzelle nur die jetzt lebenden und keine andern complicirten Organismen entstehen konnten.

Farren, Gymnospermen und Angiospermen weist darauf hin, daß die Selbstbefruchtung vermieden werden soll.

Die reiche Gliederung der Phanerogamen und höheren monöcischen Cryptogamen bedingt ebenfalls schon eine weitere Verwandtschaft zweier von ungleichen Zweigen stammenden Geschlechtszellen.

Die scheinbare Bevorzugung der Selbstbefruchtung in der Anlegung der beiderlei Apparate, z. B. Antheridien und Archegonien zusammen auf demselben Zweige bei Bryumarten¹⁾, beweist nichts gegen das Streben nach Wechselbefruchtung. Die Prothallien sind monöcisch bei den Farren; hier ist Selbstbefruchtung jedenfalls, da die Prothallien gesellig leben und die Geschlechtsreife der beiden Organe nicht in den gleichen Zeitpunkt fällt, ausgeschlossen.

Bei den Phanerogamen kommen Zwitterblüthen neben diklinischen vor. In der Zwitterblüthe selbst aber giebt es mannigfache Vorrichtungen, um die Selbstbefruchtung unmöglich zu machen.

Ohne eine Mischung, sei dieß nun eine sexuelle oder eine Pflanzung, ist daher die Befestigung, Accumulation, Vererblichkeit der Varietät nicht denkbar.

Indem der Kampf um's Dasein die Möglichkeit der schwachen Varietäten, sich zu mischen, kleiner macht, die der starken größer, wirkt er ähnlich wie die sexuelle Zuchtwahl, welche vom Kampf um's Dasein unabhängig, dem geweihten Hirsch, spornlosen Hahn, allgemein dem häßlichen Männchen weniger Gelegenheit giebt, ein Weibchen zu finden, um seine Eigenschaften zu vererben.

X. Der Kampf um's Dasein vermindert die Anzahl neuer Varietäten mit schädlichen Eigenschaften und vermehrt die Anzahl der Individuen mit nützlichen Eigenschaften.

XI. Die Häufung der nützlichen Eigenschaften ist proportional der Anzahl der geschlechtlichen Mischungen.

XII. Im gegebenen Areal werden nun die nützlichen häufiger zur Kreuzung kommen und daher constanter werden.

XIII. Daher wirkt der Kampf um's Dasein wie die künstliche und sexuelle Zuchtwahl.

XIIIa. Die erste Consequenz ist:

Die indifferenten Abweichungen müssen die variableren, die nützlichen die constanten sein.

¹⁾ Die Gattung Bryum besitzt etwa 8 zwittrige, d. h. solche Arten, bei welchen Antheridien und Archegonien in einem Perichætum eingeschlossen sind, auf etwa 16 monöcische, bei welchen die beiden Apparate getrennt auf derselben Pflanze und 20 diöcische, bei welchen die beiden Apparate auf verschiedenen Individuen angelegt werden.

In erster Linie hängt daher die Constanz der Eigenschaft von der Anzahl der Durchgänge durch die Kreuzungspunkte ab. Da bei diesen Vorgängen die Kenntniß der Morphologie und des sexuellen Charakters vorausgesetzt wird, so soll dieser Gegenstand in einem späteren Abschnitt ausgeführt werden.

Bekanntlich entstehen durch die künstliche Züchtung auf einem Areal, welches mit einer Form ursprünglich bedeckt war, Varietäten, welche unter sich kämpfen.

Die Sperre und die künstliche Wahl des Züchters können es dahin bringen, daß daselbe Areal mit weit auseinandergehenden Varietäten schließlich erfüllt ist. Das Vorrücken einer Varietät und das Untergehen einer andern im Kampfe mit untauglicheren sind hier durch das Eingreifen des Züchters vermieden. Thatächlich sind aber neue im Charakter divergirende Formen (schließlich in der Zeit constante Arten) entstanden. So sind also im Zeitraum von vielen Generationen aus der ursprünglichen Form A die Formen $a' b' \dots e'$ entstanden, diese werden in dem Areal durch die Sorgfalt des Züchters erhalten dadurch, daß er die natürliche Zuchtwahl durch eine Sperre beeinflusst¹⁾. Um nun einzusehen, daß das Princip der Divergenz des Charakters in der Natur eine Rolle in der Entstehung der Arten spielt, beachten wir noch, daß die Formen $a' b' \dots e'$ im Kampfe um's Dasein außer dem gesperrten Areal sehr verschiedene Rollen spielen würden, und nun denken wir uns die Sperre beseitigt, sowohl um das Areal A wie um jede einzelne Form. Jede der Formen wird nun den Kampf um's Dasein kämpfen, einige gehen unter, andere verhalten sich jetzt gerade so wie vorher A , d. h. jede wird zu einer Stammart. Die Divergenz nimmt dann selbstverständlich zu. Dabei ist nur vorausgesetzt, daß das Aufheben der Sperre überhaupt die Formen $a' e'$, welche vorher schon divergirten, noch divergenter mache. Die Artenzahl wächst dann.

4. Die Verbreitungsmittel.

Die Verbreitung der Pflanzen geschieht bei den niederen Pilzen und Algen mit Hülfe von im Wasser schwimmenden und zum Theil mit Wimperbewegung versehenen Schwärmzellen.

Die Bildung trockener außerordentlich kleiner Sporen und Sporidien ist dagegen eine Anpassung an die Luftströmungen.

Die Gonimonzellen der sonst stabilen und langsam wachsenden Flechten theilen sich, bei einigen verwandeln sie sich in Zoosporen, welche schwärmen und in kurzer Zeit große Flächen besiedeln, sie dringen selbst in merklicher Tiefe in die Holzröhren angeschnittener Aeste ein.

Anpassungen an die Verbreitung im Wasser zeigen alle Moose, Charen, alle, auch die landbewohnenden höheren Cryptogamen für die männlichen

¹⁾ Die bloße Zeit an und für sich thut nichts für und nichts gegen die natürliche Züchtung. Die Veränderung in Folge der Züchtung ist nicht eine Function der Zeit, sondern eine Function der Bedingungen der veränderlichen Form im Kampfe, diese letztere Function aber ist eine Function der Zeit. Daher kommt es, daß Formen vom Züchter in der Zeit constant erhalten werden können. Hieran knüpft sich freilich die Frage: können Formen in unendlich großen Zeiträumen vom Züchter constant erhalten werden? S. DARWIN, Entstehung der Arten.

Geschlechtszellen. Hier werden die zahllosen Schwierigkeiten durch die ungeheure Zahl der Spermatozoiden überwunden. Ein einziges Moos-antheridium liefert gegen 20000 Spermatozoiden. Die Sporen aller höheren Cryptogamen, mit Ausnahme der Makrosporen, sind windtüchtig, ebenso der Pollen aller Nadelhölzer.

Samen und Früchte der höheren Pflanzen zeigen vielfach Einrichtungen, durch welche sie befähigt werden, weite Reisen durch den Luftocean zu machen.

Die Samen bilden Haarschöpfe mannigfacher Art, Fig. 15, durch welche sie mit Leichtigkeit in dem Winde schwebendfortgeführt werden.

Früchte betheiligen sich in diesem Sinne bei den Composeen, bei den Typhaceen. Ganze Blattregionen werden

bei den Gräsern zu demselben Zwecke herangezogen. Es wird dort das Hochblatt, welches mit der Frucht verwachsen bleibt, durch Austreibung spreuartig.

Die Carpelle bilden ihren Griffel zu Haken um bei den Rosaceen u. a. m. Fig. 18¹⁾.

Samen oder Frucht bilden Widerhaken, durch welche sie sich in rauen Gegenständen (Fell der Thiere) festhaken.

Alle diese Vorrichtungen erleichtern somit zwei Wege der Verschleppung:

1^o den Luftweg,

2^o die Verschleppung durch Thiere, an deren Fell sie sich festhaken²⁾.

Endlich werden mehrere Organe, Carpell und Ovulum oder Carpell, Ovulum und Blütenaxe windtüchtig ausgebildet, bei den Eschen, Terebin-

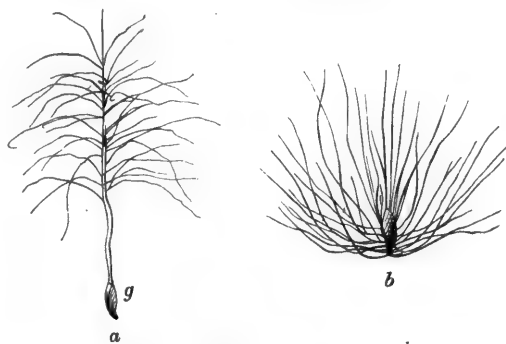


FIG. 15. a *Myricaria germanica* (Tamariscineen). b *Salix* (Salicineen). Bei a ist der Haarschopf gestielt, in g liegt der Schwerpunkt des Systems. Bei b entspringen die Haare an dem Funiculus in der Nähe der Micropyle des anatropen Ovulum. Der Schwerpunkt liegt über der Einfügungsstelle des Haarschopfes in dem Ovulum (nach HILDEBRANDT).

¹⁾ F. HILDEBRANDT, Ueber die Verbreitungsmittel der Compositenfrüchte 1. Ueber die Verbreitungsmittel der Gramineenfrüchte 853. 869. Ueber die Verbreitung der Pflanzenfrüchte durch Haftorgane 885. 901. Ueber die Entwicklung der haarigen Anhänge, an Pflanzensamen 233. 257. Ueber einige gewebeartige Pflanzenhäute 472. Bot. Ztg. 72. — J. HANSTEIN, Ueber die Einbohrung der Geraniaceenfrüchte in den Boden 528. Bot. Ztg. 69.

²⁾ F. HILDEBRANDT, Die Schleuderfrüchte und ihr im anatomischen Bau begründeter Mechanismus. PRINGSH. Jahrb. Bd. IX. S. 235.

thaceen, Ptelea, Acerineen, Betulineen, Ulmaceen u. f. f. oder es betheiligen sich selbst die Hochblätter an der Bildung windtuchtiger Vorrichtungen.

Es betheiligen sich somit alle Organe, welche bei der Frucht- und Samenbildung gestaltlich eine Rolle spielen, auch an der Ausrüstung des Ausfaatobjectes für eine weite Reife.

Die vortheilhafteste Einrichtung für die Verbreitung ist der Fallschirm aus feinen Haaren oder Schuppen gebildet, so namentlich bei den Compositen. Bei diesen Einrichtungen liegt der Schwerpunkt in der Schirmaxe, in der Schließfrucht. Ein solches Gebilde schwebt in der bewegten Luft und macht weite Reisen, indem es der Windrichtung

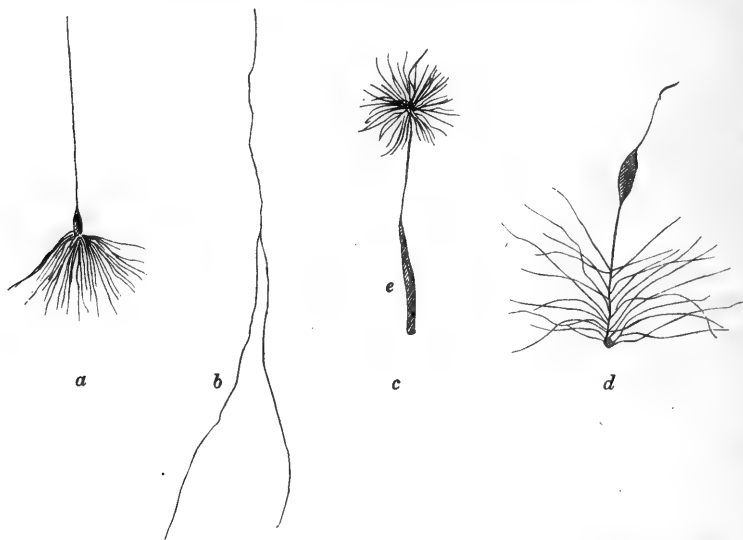


FIG. 16. *a* *Aeschinanthus atropurpureus*, Gesneraceen. *b* *Aeschinanthus speciosus*. *c* *Barkhausia alpina*. *d* *Typha*, Typhaceen (nach HILDEBRANDT).

folgt. Der Fallschirm ist bei *Tragopogon* aus zahlreichen radial gestellten Borsten von 5—8 mm Länge zusammengesetzt, jede Lücke zwischen diesen wird durch zahlreiche Haare, welche sich zur Zeit der Fruchtreife im trockenen Zustande krümmen, ausgefüllt. Die Flügelsamen der Coniferen und die Flügelfrüchte der Ahorne rotiren beim Fall, der Flügel beschreibt dabei eine Schraubenlinie. Ebenso verhält sich die Frucht der Linde. Die Tragkraft der Flügel ist hier gegenüber der großen Masse der Samen und Früchte eine geringe. Die Reife wird hier für weite Strecken nur bei starken Stürmen möglich.

In den weiten Firnslagern der Hochalpen findet man auf dem Schnee neben den verwehten Blättern der Buche, Hainbuche aus dem obersten Waldgürtel auch die Samen der Fichte, Lärche, des Ahorn, die geflügelten Früchte der Birke. Die Entfernung solcher Fundorte vom Standort der Pflanzen beträgt häufig 8—10 Stunden Luftdistanz und der Niveauunterschied 5000—6000'.

Anpassungen oder vortheilhafte Einrichtungen für das Ausstreuen der Samen finden sich in den saftigen Springfrüchten (*Impatiens*), in den trockenen Springfrüchten (*Euphorbia*), wo die Samen mindestens auf die Entfernung von mehreren Metern fortgeschleudert werden.

Auffällige Schleimfrüchte bildet *Viscum*, der Schleim geht zum Theil unver-

daß durch den Darmkanal der Misteldroffel und klebt den Samen an die Baumrinde. Schleimfamen finden sich bei vielen Cruciferen, bei *Salvia*, Quitte und mehreren andern. Die Schleimhülle ist eine vortheilhafte Einrichtung für die Verbreitung.

In vielen saftigen Früchten oder Schleimfrüchten, welche von Thieren genossen werden, ist doch für die Verschleppung der Samen geforgt, durch harte Samen- oder Fruchthüllen, welche schwer zerknircht und noch schwerer verdaut werden.

Die Verbreitungsmittel der Wasserpflanzen, so namentlich der amphibischen oder fluthenden Ranunculaceen, *R. fluitans*, *aquaticus*, der Potameen, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, der *Elodea canadensis* liegen in dem vegetativen Stamme dieser Pflanzen, jedes Bruchstück dieser, sofern es nur eine Blätterknospe enthält, ist im Stande nach weiter Wasserreife die Verjüngung zu besorgen.

G. Anpassung (Adaption).

Die Anpassung der Varietäten beziehentlich Arten kann zu Stande kommen dadurch, daß eine gleichgültige oder schädliche Eigenschaft im Laufe zahlreicher Generationen verschwindet oder geschwächt wird, aber auch dadurch, daß eine nützliche Eigenschaft der Art sich verstärkt. Durch beide Vorgänge wird selbstredend der Gesamtcharakter verändert. (DARWIN zählt zu solchen Anpassungen die Farben der Raupen und Larven, die Spannerraupen, welche grüne Pflanzentheile bewohnen, haben sich dem Wohnort durch ihre grüne Farbe angepaßt. Rindenbewohnende Insecten sind grau. Schneehühner sind weiß. Alle genießen durch ihre Farbe einen Schutz, so lange sie in ihrem gewohnten Gebiete sich aufhalten.)

Bei den Pflanzen sind die Anpassungen von drei Organen zu untersuchen:

- 1^o der Stamm (und die Wurzel);
- 2^o das Blatt;
- 3^o das Haar (und alle von diesem entwicklungsgehistorisch herzuleitenden Anhangsgebilde).

Durch Anpassung an eine bestimmte Eigenschaft des Wohnorts machen sich Formen naher Verwandtschaft auf der Unterlage den Platz streitig, wiewohl freier Raum zwischen den Combattanten nicht mangelt. Sie schließen sich gegenseitig aus, ohne daß man im Stande wäre zu entscheiden, von welcher Waffe sie Gebrauch machen, in einigen Fällen kann man diesen Kampf auf das Licht zurückführen, so für die lichtbedürftige Kiefer. Der Laubwald schließt schon durch den Schatten zahlreiche Familien aus.

a) Licht und Schatten.

Die schattentragenden Fichte, Buche, Tanne würden sich selbst überlassen einen gegenseitigen Vernichtungskrieg führen. Die Heidelbeere aber verdrängt unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen den jungen Buchenanflug.

Die *Calluna* schädigt die Kiefernchonung:

b) Unterlage.

Von hohem Interesse sind die Beobachtungen NÄGELI's an Pflanzen der hochalpinen Flora auf Alpwiesen, wo Licht, Wasservertheilung auf dem Boden gleich, die geognostische Unterlage aber veränderlich ist. *Achillea moschata*, *atrata*, *millefolium* kommen im Val da fain (Engadin) zusammen vor.

A. moschata und *millefolium* sind schieferstet. *A. atrata* ist kalkstet.



FIG. 17. *a* Frucht von *Avena pubescens*, Gramineen. *b* von *Aristida Schimperii*, Gramineen. *c* von *Pennisetum villosum*. *d* von *Hordeum jubatum*. Alle etwas vergrößert. (HILDEBRANDT a. a. O. S. 73.)

Wo Schiefer aufhört und Kalk beginnt, verschwindet *A. moschata*, *A. atrata* beginnt, beide bekämpfen sich, *A. millefolium* steht dem Kampfe fern.

A. moschata und *atrata* sind nur so lange bodenstet, als sie zusammen vorkommen. Mangelt aber eine, so werden die andern bodenvag, d. h. sie kommen dann sowohl auf Schiefer als auch auf Kalk vor. So fand NÄGELI mitten auf dem Schiefer einen Block,

der nur von der *A. moschata*, welche sonst schieferstet, besiedelt war, die hier ohne mit *A. atrata* zu kämpfen existirte¹⁾.

Auf dem bestimmten Areal (Schiefer) stehen 1 000 000 Individuen von *A. moschata* vertheilt zwischen anderen Algenpflanzen, mit welchen sie den Kampf zu ertragen haben. Der Zustand von einer Million muß als ein temporärer Gleichgewichtszustand angesehen werden, so daß das Hinzukommen auch nur einer geringen Anzahl der kalksteten *A. atrata* Ursache der Decimierung der *A. moschata* sein würde.

Denken wir uns hingegen auf demselben Areal eine halbe Million der kalksteten *A. atrata* und eine halbe Million der schiefersteten *A. moschata* gleichmäßig vertheilt, so liegen jetzt beide im Kampf, weil die Kalksteten auf dem Schiefer schwächeren Widerstand gegen die Nachtfroste im Sommer leisten werden. Von Zeit zu Zeit wird ein Frost zur Blüthezeit die *A. moschata* weniger decimiren wie die *A. atrata*. Die erstere nimmt zu, die andere ab, bis *A. moschata* das Gebiet allein beherrscht.

Hier ist es also ein äußerer Einfluß, welcher auf die eine Pflanze nur unter bestimmten Umständen, unter welchen sie leichter afficirt wird, störend wirkt, während er sonst gleichgültig wäre.

Aehnliche Ausschließungen nahe verwandter Arten kommen vor zwischen *Rhododendron hirsutum* und *Rh. ferrugineum*, *Saussurea alpina* und *S. discolor*, zwischen Gentianen, *Erigeron*, *Veronica*, Hieracien, *Salices*. Adaptive Eigenschaften, sowie Variationen durch innere Ursachen sind erblich, werden accumulirt und constante Attribute der Form (Art).



FIG. 18. *a* Triumfetta, Tiliaceen, Frucht. *b* Fruchtkopf von *Geum urbanum*. *c* Fruchtkopf von *Agrimonia*, Rosaceen.
(Nach HILDEBRANDT.)

c) Charakter und Gewohnheit.

A. Gewohnheiten in der Lebensweise, wie:

1^o Geotropismus oder die Neigung gewisse (vielleicht alle) Organe gesetzmäßig zur Richtung der Schwerkraft zu orientiren;

2^o Heliotropismus, die Neigung gegen oder mit dem Lichtstrahl zu fliehen;

3^o spontane Reizbewegungen der Blätter in Folge der Lichtwirkungen der Wärme, des Druckes (Berührung);

4^o die Neigung mit gewissen Organen, z. B. den Blättern, periodisch-rhythmische Bewegungen auszuführen;

5^o Nutation, die Neigung überhängender Zweige, einen Kreis um die Stütze zu beschreiben;

6^o schlingen und ranken, die Neigung die Stütze zu umwinden, z. B. bei *Humulus*, *Cuscuta*, *Convolvulus*, *Bryonia*, *Vitis*, *Smilax* u. v. a.;

7^o der auffällige offensive Kampf der Parasiten gegenüber der Nährpflanze —

¹⁾ NÄGELI, Sitz.-Ber. d. Münchener K. Ak. d. W.

alle diese Gewohnheiten, sowie die früher aufgezählten Adaptionen, sind Gegenstand der Accumulation, der Vererbung der Züchtung, alle spielen in dem Kampf eine Rolle. Bis in die feinsten anatomischen Einzelheiten muß die Züchtung wirken, es handelt sich um ein Ebben und Fluthen der in der Keimzelle niedergelegten Substrate für alle diese Charakter bestimmenden Functionen der äußeren Form, von welchen ein objectives Bild der causalen Beziehungen vollständig unmöglich ist.

Wir sind selbst bis jetzt nicht in der Lage die Nützlichkeit oder Schädlichkeit der neuen eben auftretenden Eigenschaft im Kampf um's Dasein objectiv zu ermessen, mit Ausnahme der groben Waffen, welche oben aufgezählt wurden. Für die Bedeutung vieler histologischer Eigenthümlichkeiten fehlt uns zur Zeit jedes Verständniß.

Hieraus ergibt sich die Schwierigkeit der Feststellung der Art von selbst. Der Artenbegriff aber läßt sich so aussprechen: Zu einer Art sollen alle Individuen gehören, welche unter sich die **grösste** Blutsverwandtschaft zeigen, und äußerlich im Charakter, Gewohnheit, Habitus und Einzelheit der Form möglichst übereinstimmen.

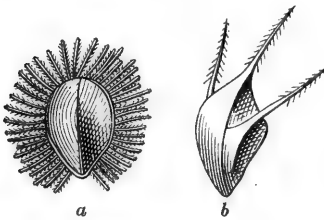


FIG. 19. a Same von Villarsia nymphæoides, Gentianeen. b Theilfrucht von Pavonia spinifex, Malvaceen (nach HILDEBRANDT).

Die Keimbläschen aller Individuen einer Art, sowie die Vegetationspunkte (bei der Mischung durch Pfropfen, Oculiren) sind die Kreuzungspunkte, in welchen alle Eigenschaften zusammenfließen. Die sexuelle Mischung aber kommt hier vorzugsweise in Betracht.

Von diesen Kreuzungspunkten kann daher allein, nach dem früher Gesagten, die Art hergeleitet werden.

Nun ist nach dem früher besprochenen Eingriff des Züchters in die natürliche Formenreihe klar, daß es ganz im Ermeßen deselben

steht, neue divergenten Varietäten Arten zu nennen, wenn sie hinlängliche Abweichung und Constanz im Charakter besitzen.

d) Inwieweit läßt sich die Gestalt der Pflanze als eine Anpassung auffassen?

Allgemeine Morphologie, Histologie, Pflanzenanatomie.

Die Lehre von der Gestalt hat von jeher große Verstandeskkräfte zum Nachdenken gereizt, war doch das Bestreben der beschreibenden Botanik vor der entwicklungsgeschichtlichen Periode einzig darauf gerichtet, fertige Gestalten zu beschreiben, gleiche zu sammeln — ungleiche zu scheiden. Es kam dabei freilich zu keinem andern Resultat, als zu einer Benennung der äußeren Formauszweigungen. Das regelmäßige Vorkommen derselben Gestalt war den Forschern das Willkommene, das Variiren die Monstrosität, die Abweichung war das Lästige, Unerklärliche, — Constanz der Form das Axiom der Wissenschaft.

Nach der ausnahmslosen Wahrnehmung, daß alle Pflanzen in Einzel-

hohlräume zerklüftet find, daß die Wand dieser Hohlräume chemisch different ist von dem flüssigen Leib, suchte man die Form auf das Zellenleben zurückzuführen. In dieser Phase steht die Wissenschaft jetzt.

Der Untersuchung war und ist eine Grenze gesetzt, wenn das zu untersuchende Organ auf eine einzige Zelle zurückgeführt war. Diese Keimzelle ist der Herd aller Bildung, ihr flüssiger Leib, das Protoplasma, schafft sich eine feste Hülle mit schwankenden oder constanten erblichen Eigenschaften.

Die Untersuchung der niederen Pflanzen zeigt uns in der That in der Lebensweise der hüllenlosen Protoplasmen schon so viel complicirte Vorgänge der Gewohnheit, daß die Form, Gestalt der festen Hülle und ihrer Auszweigungen als adaptive Erscheinungen angesehen werden müssen, zu welchen der Bildungstrieb des flüssigen Lebewesens durch äußere Schwierigkeiten hingeführt wird.

Die Aufgabe der vergleichenden Morphologie kann beschränkt werden auf die Untersuchung dieser festen Hülle und ihrer Zellelemente.

[Bei einer derartigen Untersuchung wurde von hervorragender Bedeutung in der Zoologie das Auffuchen der Rudimente.]

Sowie wir in der geschlechtlichen Keimzelle den Ort der Anhäufung der Keime zu allen Formschwankungen finden in Bezug auf eine Reihe von Generationen, so sehen wir im Protoplasma den Ort der Anhäufung aller Keime für die Form der äußeren Hülle der Zellhaut aller Arten. Der Plasmaleib muß noch solche Formen der Ascendenten als Rudimente hervorbringen, welche soeben im Begriff stehen zu verschwinden.

Unter Fehlschlagen versteht man gewöhnlich die Nichtausbildung von Formsprossen, welche der mikroskopischen Anlage nach noch vorhanden waren, später aber in derselben Generation eingehen, verkümmern.

Fehlschlagen aber ist auch das Verschwinden solcher Formsprossungen im Laufe mehrerer Generationen selbst im Vegetationspunkt, so daß die Anlage gar nicht mehr zum sichtbaren Ausdruck kommt.

Diese Vorstellung schließt die Möglichkeit des Wiedererscheinens in späteren Generationen durch Rückschlag ein. Untersuchen wir mit Rücksicht aller anatomischen und morphologischen Verhältnisse das Pflanzenreich von der niedrigsten zur höchsten Entwicklung, so erhalten wir die folgende Reihe von Differenzirungen:

Die Tendenz, einem flüssigen Organismus eine feste Hülle (Zellhaut) zu bilden, müssen wir bei der Betrachtung der Erhebung der Form als die nächstgelegene adaptive Eigenschaft ansehen, denn wir vermögen uns hochentwickelte Formen ohne feste Hülle nicht vorzustellen.

Hohe Gliederung der äußeren Form in Haftorgane (Wurzel), Stengel

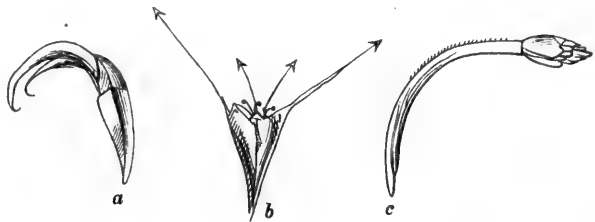


FIG. 20. a Frucht von Tragoceros. b Acæna procumbens. c Cornucopiae cuculatum, Gramineen (nach HILDEBRANDT).

und blattartige Gebilde sehen wir schon in der kernlosen Cytode der *Caulerpa*, ohne eine Fächerung durch mehrere Zellhautplatten. Ein einziger Hohlraum umschließt das ganze System dieser Pflanze.

Die Festigkeit der Zelle wird bei der *Caulerpa* durch Zellstoffbalken erreicht (s. Buch I S. 76), welche sich von einer Seite zur andern durch den Hohlraum ziehen.

Zweierlei Urfachen können gleichwirkend bei der Gliederung in viele Zellräume gedacht werden:

1^o die Nothwendigkeit das System fester zu machen;

2^o die Nothwendigkeit den Austausch zwischen einzelnen Arten zu verlangsamen (die chemische, osmotische, elektrische, morphologische Spannung).

In der That geht die Formentwicklung mit der Differenzirung in Einzelzellen parallel.

Bei der hochentwickelten Blütenpflanze müssen offenbar viele differente Zellen (solche, die unter sich ungleiche physiologische Bedeutung haben), zusammenwirken, um ein Keimbläschen zu bilden, welches wiederum durch seine Zerklüftung ein so reichgestaltetes Gebilde hervorbringt, wie eine Blütenpflanze ist.

Zur Potenzirung und Anhäufung einer so hoch entwickelten Masse, wie das Keimbläschen der Blütenpflanzen darstellt, müßte ein höher gegliederter Zellenapparat in Anwendung kommen als zu demselben Proceß bei der Alge, wo die vegetative Zelle selbst am wenigsten differenzirt alle Keime enthält. Die einfachste Gliederung findet sich bei den niederen Pilzen, von diesen zu den Characeen, Moosen, Farrenkräutern, Equiseten, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen, Coniferen, Phanerogamen, nimmt die physiologische Differenz der Einzelzelle zu, die morphologische Würde nimmt ab, d. h. je mehr man in dieser Reihe sich den Pilzen nähert, um so mehr kommt die Fähigkeit, alle morphologischen Keime in sich zu vereinen, der Einzelzelle zu, je mehr man sich den Phanerogamen nähert, um so mehr werden die morphotischen Keime an viele Einzelzellen vertheilt, so daß je eine mit einer bestimmten beschränkten oder einfacheren Function betraut ist.

e) Auffallende Uebertragung dieser Art und Anpassungen an äußere Verhältnisse sind:

1^o die großen intercellularen Räume der Wasserpflanzen. Zellen gleicher Abkunft lösen sich gegenseitig los und schließen einen luftführenden Raum ein, andere nicht;

2^o Rafenbildung der arctischen und alpinen Formen: Saxifrageen, Alfineen, Gentianeen, Salices. Zweige gleicher Abkunft bleiben verkürzt, andere nicht;

3^o Stacheln, Haare, Flug- und Haftapparate der Samen und Früchte

(f. oben S. 24); Compositen, Abietineen, Borragineen, Gräser, Salices, Betulineen, Fraxinus, Acerineen. Zellen gleicher Abkunft bilden Haare, andere nicht;

4^o Honigsecretion der von Bienen besuchten und befruchteten Pflanzen, Papilionaceen, Liliaceen;

5^o die Geranien besitzen einen complicirten Apparat für das Eindringen der Samen in den Boden.

Wenn ein Organismus eine vorhandene Eigenschaft durch veränderte Lebensweise nicht mehr gebraucht, so sinkt diese im Lauf der Generationen zurück. Ebenso steigert sich eine neue Eigenschaft durch den Gebrauch.

Bei den Pflanzen späterer Abkunft sind die Organe schon seit ungeheuren Zeiträumen angepaßt. Die Aufgabe war, wie sich dieß aus der Anatomie und Physiologie ergibt, eine einfachere bei der Pflanze wie beim Thier.

Wennschon Eingriffe nützlicher Art von der Thierwelt nach der Pflanze hin form- und charakterbedingend wirken und wirkten, so sind doch die Elementarorgane, die Einzelzellen der Pflanzen so außerordentlich auffällig den freilich einfacheren Existenzbedingungen (Licht, Luft, Wasser, Erde) angepaßt, daß die Rückwirkung der Thiere für den Gesamtvorgang der Evolution nur verschwindend klein sein kann und sich nur in seltenen Fällen auf die äußere Form der Organe erstrecken konnte.

Bei der Betrachtung des Gebrauches muß in erster Linie beachtet werden, daß für alle complicirteren Vorgänge, wie sie im Thierkörper vorkommen, der Pflanze jede Gelegenheit fehlte, etwas zu lernen und gewohnheitsmäßig zu entwickeln. Sie ersetzt das Fehlende in ihrer Gewohnheit durch Umbildung von Organen, welche bereits außerordentlich hoch in anderer Richtung adaptirt sind. So wird das Blatt, dessen Anpassung an Luft und Licht außerordentlich vollkommen ist, zur Ranke, der Stamm zur Waffe als Dorn u. f. f.

Luftführende Gänge im Innern des Gewebes, welche nach einem bestimmten Plane gegliedert das Gewebe durchziehen, müssen in ihrer Entstehung von dem Modus der Zelltheilung abhängig sein, sie sind auch für die Landpflanze von der äußersten Wichtigkeit, je mehr die Oberfläche zum ganzen Volum abnimmt.

Gesetzmäßig vertheilte intercellulare Räume mangeln allen Algen und Pilzen, Jungermannien, Laubmoosen, sie werden gewissermaßen ersetzt noch in so hohen Formen, wie Mastigobryum, dadurch, daß der Zweig oder das Blatt in die Haarform zurücksinkt. Hiedurch wird die Fläche zum Volum gesteigert. Bei hochgeschichteten Blättern, wie Polytrichum, sind es die Zellenketten der Blatt-Oberseite, welche daselbe bewirken.

Bei den geschichteten Sphagnumblättern sinken selbst die Zellen des dritten Grades in der physiologischen Bedeutung zurück. Ein Theil wird zum Assimilator, der andere Theil wird zum Luftraum.

Zu den allermerkwürdigsten Adaptionen der hochgeschichteten Pflanze stellt sich mit dem Wachsen des Volums gegenüber der Fläche ein Apparat ein, durch dessen Bewegung das Absperren eines Gasvolums in dem Innern der Räume möglich wird: der Spaltöffnungs-Apparat der Epidermis.

f) Adaption an Wasser und Land.

1° Wasserpflanzen, Nymphaëaceen, Polygoneen u. a. m. entbehren der Haare, sie haben weniger Verwendung dafür wie die Landpflanze.

Bei den Nymphaëaceen werden Sternhaare in den Randzellen der Interzellularräume gebildet;

2° die schwimmenden Blätter derselben Pflanzen bilden Stomata nur an der Oberseite, die Laubbäume und viele Pflanzen des festen Landes zeigen sie gerade an der Unterseite;

3° das Laubblatt der Landpflanze ist an die einseitige Bestrahlung angepaßt, die chlorophyllführenden Zellen

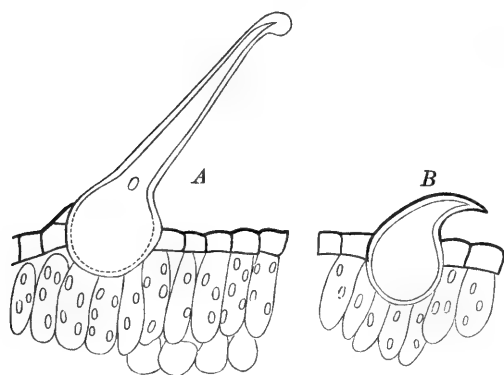


FIG. 21. A Brennhaar der Nessel. B Hakenförmiges Haar des Hopfen. Beide zeigen die drüsenartige Anschwellung an der Basis. A ist eine Defensivwaffe, B ist ein Kletterhaken, Offensivwaffe.

liegen der Oberseite näher wie der Unterseite;

4° die ganze anatomische Structur ist bei dem Laubblatte asymmetrisch, bezogen auf Licht- und Schattenseite.

Zu den ersten und merkwürdigsten Adaptionen gehört in der obigen Reihe (Algen, Moose, Farren u. f. f.) diejenige, welche die Pflanze befähigt, im Wasser zu fluthen oder zu schweben. Einzellige Algen und auch die meisten hochgegliederten Fucaceen umschließen in dem Raume ihres Körpers nur Flüssiges und Festes. Zellhaut und Protoplasma müssen daher specifisch schwerer sein wie Wasser.

Wenn eine solche Alge im Wasser schwebt, so muß selbstredend der flüssige Leib weniger dicht wie das Wasser sein. Bei den im Süßwasser lebenden Conferven ist dieser Unterschied so gering, daß die in der Morgenkühle noch schwebenden Fadenalgen schon gegen Mittag sinken müssen, durch die Erwärmung des Wassers. Viele einzellige Algen find auf den Schlammgrund der Gewässer aus diesem Grunde angewiesen.

Wenn sich die Confervenwälder der Süßwasserfumpfe des Tages überheben, so geschieht dieß durch die Ansammlung von Gasblasen zwischen dem Fadengeflecht.

Das Meer ist schon wegen der größeren Dichte die Brutstätte derjenigen Schwimmgewächse, welche verhindert sind in ihrer anatomischen Gliederung strengerbliche Schwimmapparate zu bilden. *Fucus vesiculosus* zeigt in der Bildung der luftführenden sphärischen Hohlräume hier die merkwürdigste Anpassung.

g) Gebrauch und Nichtgebrauch.

1° die Parasiten, Orobanchen, Orchideen, *Epipogium*, *Corallorhiza*, Cuscuten verlieren durch den Nichtgebrauch das Chlorophyll der Blätter und Stammtheile;

2° dieselben verlieren das Laubblatt oder bilden es nur rudimentär aus als niederblattartige bleiche Schuppen. *Lathraea*, *Orobanche*;

3° die Cacteen entbehren der Blätter, ersetzen sie durch Stacheln und Haare als Defensivwaffen;

4° die Abietineen, Juniperineen zeigen die Blattfläche auf ein kleinstes Maß zusammengezogen;

5° dieselben und immergrüne Laubbäume bilden langlebige Blätter. Die ersten werden zu Pionieren an der arctischen und hochalpinen Zone und schützen sich durch ihre Textur gegen die Dürre und den Frost.

Der Hopfen bildet noch Haare, welche gestaltlich wie die Brennhaare der Nesseln, aber in der Drüse des Giftes entbehren, Fig. 21.

Die niedersten Pflanzen selbst zeigen, was den Gebrauch angeht, eine Tendenz, möglichst vortheilhaft jeden mechanischen Aufwand auszunutzen. Die Schwärmzelle (Zoospore) der Oedogonien, Fig. 22, bildet an demselben Orte, wo während der Zeit ihres Schwärmens der Wimperkranz saß, der sie wassertüchtig machte, Fig. 22 *b* bei *w*, später die Wurzelastföhlungen, welche sie zur Befiedelung der festen Ufer befähigen, Fig. 22 *d* bei *r*.

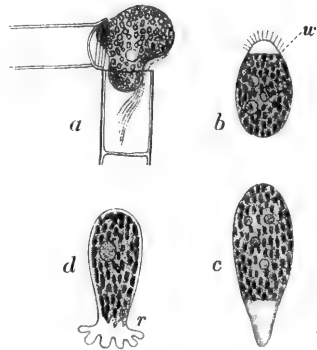


FIG. 22. *a* Schwärmzelle, soeben aus den Gliederzellen der geknickten Fäden entchlüpfend. *b* Schwärmzelle frei in Bewegung (360/1). *d c* dieselben ruhend und keimend. PRINGS-HEIM im Jahrbuch für wissenschaftl. Bot. Bd. I. Morphologie der Oedogonien.

h) Compensation in der Entwicklung.

Wenn ein Organ reichlich üppig entwickelt ist, so ist in der Regel an einem andern gefpart (Milchkuh, schlechte Maifkuh).

Saftige Früchte sind häufig ohne Samen (Corinthen, Pfeffer, Obstarten).

Gefüllte Rosen mit fehlschlagenden Geschlechtsapparaten.

Die Wechselbeziehung der Bildung ist das Gesetz, nach welchem,

wenn ein Theil der Form während ihrer Entwicklung geändert wird, dann auch alle Theile in Folge dieser Aenderung eine Abweichung erfahren.

Z. B. die Hochblattregion ist mächtig entwickelt, die Blütenhülle dagegen reducirt bei den Gramineen, Urticaceen, Amentaceen u. v. a. Jeder Aufwand bei den nordischen Bäumen in der Holzbildung muß durch spärliche Blütenentwicklung gedeckt werden.

i) Zusammenstellung der wichtigsten Anpassungen und Umwandlungen von der niederen nach der höheren Pflanze.

Bei einer solchen Uebersicht, bei welcher man zunächst zu fragen hat, welche Organe oder Einrichtungen oder welche Gewohnheiten sind für die Existenz der Pflanze absolut nothwendig, läßt sich erweisen, daß ein allmählicher Uebergang stattgefunden haben muß.

I. Herstellung einer festen Hülle.

- a) Einzellige wenig verzweigte Cylinderfäden: *Vaucheria*;
- b) Einzellige verzweigte Cylinderfäden: *Caulerpa*.

II. Herstellung von Widerständen in der festen Form; zahlreiche Zellenräume entstehen.

- a) Uebertragung der morphotischen Keime an einzelne bestimmte Zellen;
- b) Uebertragung der Geschlechter an bestimmte Zellen;
- c) Uebertragung der Elasticität, Spannung und Festigkeit an bestimmte Gewebearten.

III. Einrichtungen, die innere Oberfläche im gegebenen Volum zu vergrößern.

- a) Lückenbildung im Mycelium der Pilze;
- b) Schwimmblase bei *Fucus vesiculosus*;
- c) Intercellularräume im geschichteten Lager der Marchantieen, Spaltöffnungen hie und da bei den Moosen;
- d) Ausbildung der Lufträume bei den Wasserpflanzen;
- e) " " " und Spaltöffnungen im Blatt der höheren Cryptogamen und Phanerogamen.

IV. Herstellung von Waffen durch Umbildung der Hauptorgane.

- a) Umbildung von Stammsprossen in Wurzeln, beginnt mit den Gefäßcryptogamen;
- b) Umbildung von Wurzeln in Saugwurzeln (Hauftorien), beginnt erst mit den Phanerogamen;
- c) Umbildung der Blätter und Blatttheile in Ranken und Dornen, beginnt erst mit den Phanerogamen;

d) Umbildung von Stammtheilen in Ranken, Dornen und Schwimmblasen, beginnt erst mit den Phanerogamen;

e) Umbildung der einfachen Haargebilde (Trichome) in Stacheln, Drüsen, Giftdrüsen, beginnt erst mit den Phanerogamen;

f) Periodische Bewegung der Blätter durch besondere anatomische Apparate, bewirkt Gelenkpolster; Rotation der Stämme, Schlingen und Ranken der Stämme tritt am ausgeprägtesten erst mit den Phanerogamen auf.

V. Bildungen in dem Bestreben aufzufallen, Anpassungen an den Insectenbesuch.

a) Reiche Gliederung, Farbenpracht, Geruch, Honigsecretion in dem Vorkreife im Blättercyclus, welcher der Bildung der Geschlechtsapparate vorausgeht, beginnen erst mit den Phanerogamen;

b) die Secretion beginnt mit den Farrenkräutern, ist am reichsten bei den Coniferen, geht mit durch die Phanerogamen.

VI. Neigung zur Propagation.

a) Ungeschlechtliche Vermehrung.

1^o Verjüngung durch Abschnürung von Keimzellen: Pilze, Algen, Flechten;

2^o adventive Verjüngung durch das Blatt oder die Dauerzellen der Wedel: Moose, Farrenkräuter;

3^o Verjüngung durch fadenförmige Zellenketten: Protonema der Moose, Zweigvorkeime der Moose;

4^o Verjüngung durch Stammbrut, Stockauschlag, Brutknospen, herrscht erst vor mit den Phanerogamen.

b) Sexuelle Differenzirung.

1^o Sexuell differenzirte Zellen sind von naher Verwandtschaft bei den Algen, Pilzen;

2^o sexuell differente Zellen sind von entfernterer Verwandtschaft und Abkömmlinge von Trichomgebilden, oder Oberflächenzellen des Lagers bei den Moosen, in den Prothallien der Farrenkräuter;

3^o sexuell gespannte Zellen entspringen dem Blatte (Coniferen und Phanerogamen);

4^o sexuell gespannte Zellen sind im Zweig oder Blatt oder in einem aus beiden combinirten Apparat eingeschlossen bei den Coniferen und Phanerogamen.



Zweite Abtheilung: Die natürlichen Verwandtschaftskreise und die Generation¹⁾.



Durch die epochemachende Publication DARWIN's ist die Systematik der Pflanzen in eine eigenthümliche Lage gekommen. Sie sollte lehren, weil sie einen unermesslichen Schatz von Thatfachen gesammelt hat, welcher jedenfalls herangezogen werden müßte, um die Annahmen der Entwicklungslehre zu stützen oder zu widerlegen. Davon ist, soweit man dieß bis jetzt überschauen kann, nicht die Rede. Man kann zeigen, daß in der Botanik die Zersplitterung weiter um sich gegriffen hat, wie in irgend einer anderen hier in Betracht zu ziehenden Disciplin. Der Systematiker versteht häufig kaum noch den heutigen Entwicklungsgeschichtler und umgekehrt. Dieß ist nur zum Theil in dem Umfang des Gebietes begründet, zum anderen Theil aber in der Schuld der Vertreter beider Disciplinen oder Richtungen. Die Forscher, welche die Entwicklung der Hauptverwandtschaftskreise aufdeckten, haben lange vor DARWIN's und HÆCKEL's jetzt maßgebenden Publicationen dem Bestreben Genüge geleistet, die natürliche Blutsverwandtschaft für die größeren Gruppen darzuthun, indem sie die Entwicklungsgeschichte der Hauptformen studirten.

Wir betrachten hier zunächst die äußere Gliederung, Entwicklungsfolge der sichtbaren Organe und die Dauer derselben; sodann die feineren Züge der inneren Gliederung und Generationen. Hierbei fagen wir nicht, die Familie *A* ist mit *B* näher verwandt wie mit *C*, nach Argumenten der jungen Descendenzlehre, sondern betrachten das natürliche System in den groben Zügen nach JUSSIEU oder DE CANDOLLE, ENDLICHER u. a. m. und nehmen zunächst die allgemein anerkannten Züge der Eintheilung heraus.

§ 3. Allgemeine Gesetze der Organfolge und der Dauer ihrer Entwicklung.

Das erste allgemeine Gesetz, welches aus der Betrachtung der Continuität organischer Bildung fließt, fagt aus:

¹⁾ Dr. ALEFELD, Ein häufig unbeachtetes Axiom der «Art». 69. Bot. Ztg. 62. — H. HOFFMANN, Ein Versuch zur Bestimmung des Werthes von Species und Varietät. 1. Bot. Ztg. 62.

XIV. Von den niedern Algen nach den höhern Phanerogamen ist die Umtriebszeit einer Generation in steter Zunahme begriffen. Je höher die Form um so länger die Zeit, welche zu ihrer Vollendung gebraucht wird.

Man kann sich ein Bild der Evolution machen, indem man als Ordinate die Höhe der Entwicklung aufrägt und als Abscisse die Zeit setzt.

In einem solchen Schema kann freilich nicht die Ordinate in Pfunden, Volumen, Länge, Breite u. f. f. ausgewerthet werden, immerhin hat sie einen Werth für unsere Betrachtung, insofern die allgemeinen Züge der Erhebung der Race zum Ausdruck kommen, welche in der Zusammenstellung S. 36 namhaft gemacht wurden.

1. Dauer der Entwicklung von Eizelle zu Eizelle.

Von *a* nach *b* Fig. 23 in der Zeit liegt eine Generation der niederen Pflanzen, der Algen und Pilze. Das Zeitintervall kann ein Jahr sein oder es folgen selbst mehrere Generationen in einem Jahr aufeinander, ja in einer Sommerperiode können mehrere Generationen entwickelt werden. *b* nach *c* einjährige oder mehrjährige, höhere Pflanzen. *c* nach *d*, *e* nach *f* u. f. f. höhere Phanerogamen. Der

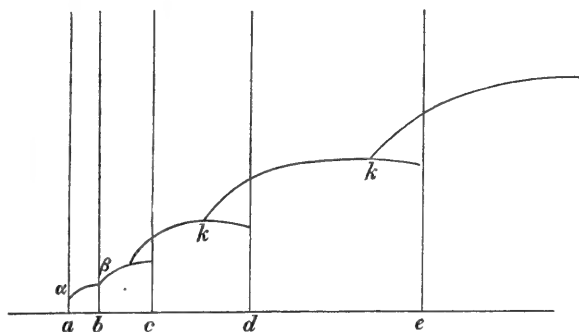


Fig. 23. Schema der Evolution *a b c d*. Abscissenaxe die Zeit, die Ordinatenwerthe bedeuten die Erhebung.

Punkt *k* bezeichnet den Kreuzungspunkt der männlichen und weiblichen Befruchtungsmaffen. Er liegt im Allgemeinen um so weiter zurück, je höher die Pflanze organisiert ist, unsere Waldbäume z. B. erreichen die Mannbarkeit erst nach mehreren Jahrzehnten. Dieses Schema kann auch für die Evolution des Stammbaumes angewandt werden. Dann ist es aber hypothetisch, insofern die Höhe der Organisation nicht für alle höheren Organismen streng von der Zeit abhängig ist.

2. Benennung der Organe in ihrer Entwicklung.

In dieser Tabelle sind die äußerlich sichtbaren Organe zusammengestellt. Mit Hilfe dieser Zusammenstellung kann der Leser sich zunächst einen Ueberblick über die groben Verhältnisse machen, ehe zu einer eingehenden Discussion geschritten wird.

Thallophytae, Lager- pflanzen.	Caulophytae, Stamm- pflanzen. (Cormophit.)	Waffen als metamorphe Stamm- und Blattgebilde fehlen oder sind selten.		vorhanden und häufig.	
Blattlos.		Blatt vorhanden.			
Zellenpflanzen, Wurzel fehlt.		Gefäßpflanzen, Wurzel vorhanden.			
Sporenpflanzen.		Keimlingpflanzen.			
Oogonien und Spermat.		Archegonium und Anthridium.		Eisproß nackt.	
Algen				im Carpell- blatt.	
Pilze					
Flechten					
Characeen					
Hepaticae					
Moose Foliosae					
Frondosae					
Farrenkräuter					
Equieten					
Lycopodiaceen					
Isoëten					
Rhizocarpeen					
Selaginella					
Cupressineen					
Juniperineen					
Podocarpeen					
Abietineen					
Monocotyledonen					
Dicotyledonen					
				Geschlechter aus der vegetativen Region.	
				Geschlechter aus dem Prothallium der Spore.	
				Geschlechter aus der metamorphen Blattregion, Blüthe.	
				Knospenschuppen vorhanden.	
				fehlen.	
				Phanerogamae.	
				Cryptogamae.	
				Jahrring mit Ausnahme der Monocotylen vorhanden.	
				Periodischer Zuwachs, Jahrring fehlt.	

§ 4. Generation und Entwicklung der hervorragenden Formen.

Wenn man beachtet, daß die niederste wie die höchste Pflanze im Stande ist, große oder kleine Keimkörper auf geschlechtlichem Wege abzugliedern, welche in ausgezeichneter Weise geeignet sind, die Individuenvermehrung zu beförtern, so kommt man zur Einsicht, daß die Bildung geschlechtlicher Apparate, welche den Zweck haben, durch einen complicirten Proceß eben solche Keimapparate zu erzeugen, für uns unbegreiflich wäre ohne die Theorie der Pangenese. Wozu brauchte der Baum die Blüthe, wenn er im Stande ist, auf kürzerem Wege einen lebens- und kampffähigeren Zweig abzustößen oder durch Wurzelbrut und Stockauschlag hinauszuschicken?

A. Vegetative und sexuelle Fortpflanzung.

In der That vermehren sich dominirende Familien: z. B. die Moose, viele Phanerogamen, so stark auf ungeschlechtlichem Wege, daß der im Kampf schwächere geschlechtliche Keim gar nicht in demselben Areal aufkommen könnte.

B. Formenstarre.

Nehmen wir an, alle Pflanzen haben zwei Neigungen:

- 1^o die Keime auf ungeschlechtlichem Wege abzuschneiden;
- 2^o eben solche Keime auf geschlechtlichem Wege zu bilden;

und fragen, welches Streben mag im Kampf um's Dasein das nützlichere sein, so kann ohne die vorbefagte Hypothese gar nicht entschieden werden, welches das beste sein wird. Mit Zuhilfenahme der Theorie der Pangenese aber läßt sich zeigen, daß die erstere Neigung zur Formenstarre, die geschlechtliche Neigung aber zur Mannigfaltigkeit der Form führt. Bei der ersten spielt die spontane Anpassung eine größere Rolle, ohne zu einem festen Charakterzug zu werden. Die geschlechtliche Vermehrung aber führt zur raschen Verstärkung: Pflanzen, welche jetzt formbeständig sind und doch meist auf ungeschlechtlichem Wege sich vermehren, müssen früher häufig durch geschlechtliche Generationen vermehrt worden sein. Hierher gehören die höheren Cryptogamen: Equifeten, Farrenkräuter, Lycopodiaceen.

C. Formenaxe.

Das natürliche System (f. die beiden Schemata S. 40 und 46) lehrt uns nur die äußeren Organe und, sofern es auf entwicklungs geschichtlichen Daten

ausgebaut ist, die inneren Umwandlungen. Mit Zuhilfenahme der früheren Sätze I—XV und der Entwicklung unseres Planeten kann man mit großer Gewißheit zu dem Schlusse kommen, daß diejenigen niederen Pflanzen, welche verbrennliche Kohlenstoffverbindungen an der Erdoberfläche zu häufen vermochten, die Stammältern der höheren Gewächse sind. Dieß sind die Algen. Von fast allen niederen Algen ist die geschlechtliche Vermehrung bereits bekannt.

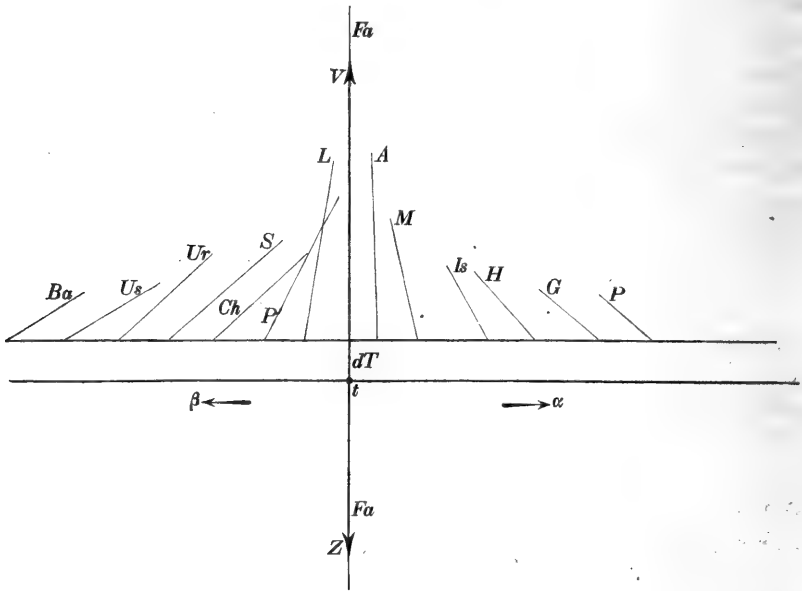


FIG. 24. In der Richtung t nach V liegt die Vergangenheit, von t nach Z die Zukunft, mit den Pfeilen läuft die Zeit, dT ein unendlich kleines Zeitintervall (etwa die historische Zeit). Fa möge die Formenaxe darstellen, in ihr oder ihrer Nähe fließen die Generationen der Pflanzenformen, welche sich im Zeitpunkt t oder in dessen Nähe am wenigsten durch Variation verändern. Die Linien in der Nähe von Fa schneiden die Formaxe in der Pfeilrichtung von V in einem Ort, welcher am entferntesten von t liegt. Je eine der in Richtung von Pfeil α entfernteren und mehr zur Formaxe geneigten Linien stellt eine Gruppe der höheren Pflanzen dar: A Algen, M Muscineen, Ls Isosporae, H Heterosporae, G Gymnospermae, P Phanerogamen. In Richtung des Pfeiles β divergieren: L Lichenes, P Pilze, Ch Chytridien, S Saprolegnien, Ur Uredineen, Us Ustilagineen, Ba Basidiomycetes.

Als Formenaxe möge ein niederer Algenstamm, wie wir ihn jetzt kennen, gelten, oder es möge ein Büschel solcher Stämme oder Aeste in die Vergangenheit convergirend an die Stelle der Formaxe gesetzt sein. Diese müssen so beschaffen sein, daß sie um gegebene bekannte Form und Charakterzüge möglichst wenig schwanken, immer aber wieder in die Hauptrichtung zurückschlagen. Die dauernde Existenz solcher niederen Formen ist deswegen eine schwierige Annahme, weil in ihnen die höchste morphotische und physiologische Potenzirung vorausgesetzt werden muß, eben weil sie Stammältern sein sollen zu noch complicirteren Gebilden. Nun ist aber leicht einzusehen, daß, wenn aus unserer Formaxe alle übrigen

Zweige enttunden mit höheren adaptiven und im Kampfe nützlicheren Tendenzen, gar kein Grund vorhanden ist, warum die Stammaxe nicht selbst im Laufe der Zeit zu einem Descendenzzweige werden soll. Wir sind damit zu dem Schlusse gelangt, daß die Stammaxe rückwärts in die Zeit verlängert selbst eine convergirende Richtung ist zu einer anderen, welche wir nicht kennen. Zwei Hauptzüge der Variation sind die der selbständigen Entfaltung und des Parasitismus. Diese beiden Neigungen mögen dadurch in dem Stammbaum angedeutet sein, daß sich der Pilzstamm nach links, der Algenstamm nach rechts von der Formaxe ausdehnt. Es bedeuten dann die Schnittpunkte der Strahlen mit der horizontalen Axe die jetzt möglichen Keimpunkte und die Richtung von α und β die Neigung niederer Formen zu variiren und die Variation zu befestigen. Mit Verlängerung der Axe und der Descendenten aus den Strahlen könnte die Variation von den jetzigen in Zukunft grundverschiedene Formenkreise schaffen, ein Proceß, bei welchem unsere Phantasie freilich schon in den ersten Schritten uns im Stiche läßt.

D. Generationsfolge in der Zeit. Der Stammbaum.

Es wurde oben darauf hingewiesen (S. 24), daß der Züchter den Stammbaum seiner divergenten Racen in Händen besitzt. Er kennt die Reinheit der Racen und den mechanischen Vorgang der Mischung, d. h. er weiß wieviel vom Blute der Mutter $A B$, des Vaters $A' B'$ in den divergenten Formen enthalten ist. Der Naturforscher besitzt in Bezug auf die Formen, welche er als Arten anspricht, diese experimentellen Kenntnisse nicht. Er schließt aus ähnlicher Form und ähnlicher Entwicklung (Ontogenesis) auf die Verwandtschaft und gelangt zu der Vermuthung, daß zwei Formen (Arten, beziehungsweise Genera, Familien u. f. f.) zwei Aeste darstellen, welche in die Vergangenheit convergiren, beziehentlich Ketten von Generationen; welche früher in einer einzigen Generation vereinigt waren. Die Phylogenesis des ganzen Pflanzenreiches ist, wenn man absieht von wenigen in der That, aber in ausgezeichneter Weise untersuchten Formgruppen (niedere und höhere Algen, Pilze höherer Cryptogamen) noch wenig gefördert. Dieß gilt namentlich für die Blütenpflanzen, in welchen doch bis jetzt die Evolution des Pflanzenreiches gipfelt.

E. Allgemeine Argumente, welche für die Annahme der Descendenzlehre sprechen.

Unsere Kenntniß über die Descendenz geht in dem Schema gerade nur so weit, daß wir die Convergenz der Stämme wahrnehmen können. Dieß ist im Schema, Fig. 24, durch eine der horizontalen Axe parallele Linie angedeutet, welche in ungemein kleiner Entfernung von der Jetztzeit $d t$ gelegt wird.

Bezüglich der Divergenz im Charakter zwischen Phanerogamen und Gefäßcryptogamen, Phanerogamen und Moosen, Charen und Moosen, finden wir die genetisch wichtigsten Organe nicht durch Rudimente vermittelt, mit Ausnahme weniger, welche jetzt zu betrachten sind. Die Hauptargumente, welche für die Descendenz aus dem Algenstamm aus der Biologie hergeleitet werden können, sind:

1^o Fällt ein parasiter Pilz eine Alge an, so adaptiren sich beide, wodurch die geringere physiologische Differenz beider Stämme bekundet wird, es entstehen selbständige und in gewissem Sinne normale Gewächse, die Flechten (Symbiotismus);

2^o fällt ein solcher Parasit eine höhere Pflanze an, so entsteht eine Krankheit. Krankheit erregend wird der parasitirende Pilz um so mehr, je höher die befallene Pflanze in der Richtung nach den Phanerogamen im natürlichen System belegen ist;

3^o die beiden divergentesten Aeste, Pilze mit hoher parasiter Adaption einerseits — Phanerogamen mit hoher Anpassung zur Selbständigkeit andererseits, sind die formenreichen. Beide zeigen die höchsten Stufen der Anpassung an die Umgebung. Die zwischenliegenden Charen, Moose, Gefäßcryptogamen sind verhältnißmäßig formenarm, formenstarr, so namentlich die Equiseten, Farren, Rhizocarpeen;

4^o die höchste Pilzform besitzt entwicklungsgeichtlich und morphologisch durchaus keinen Anschluß an die zur Rechten, Fig. 24, befindlichen Descendenten aus dem Algenstamm. Die höheren Algenformen aber besitzen einen morphotischen Anschluß an die höheren Cryptogamen und Phanerogamen;

5^o der Modus der geschlechtlichen Mischung ist für alle so gleichartig, die Formentfaltung im embryonalen Leben so ähnlich, daß an einer Blutsverwandtschaft von den Formkundigen nicht gezweifelt wird.

F. Die Geschlechtszellen.

Die Bedeutung der Geschlechtszellen kann nach der Theorie der Pangenese nur darin gesucht werden, daß Formkeime verschiedener Herkunft zur Kreuzung gelangen.

Nach einer früheren Discussion werden dadurch die in den Individuen beiderlei Geschlechtes gleichsinnigen Züge im äußern Ausdruck accumulirt.

Die Anzahl dieser Kreuzungen allein ist entscheidend für die raschere Befestigung der eben auftretenden Variation oder Adaption. Die Eizelle ist der Schnürpunkt, der Kreuzungspunkt der Form, je öfter die letztere diesen durchlaufen hat, um so formconstanter wird sie:

1^o ein Hauptzug der Eizelle ist die Unfähigkeit, ohne Zuthun der männlichen Befruchtungszelle irgend welchen morphotischen Proceß

auszuführen; sie finkt wie der männliche Befruchtungskörper zum bedeutungslofsten Secret hinab, während doch die Organe, welche sie hervorbringen, productiv fein können;

2^o je höher die Formentfaltung, um fo mehr ift das Ei (Keimbläschen) der verharrende, paffive Theil, welcher den agrefifiven Befruchtungskörper des Männchens erwartet und empfängt;

3^o je höher die Formentfaltung, um fo mehr ift der Sexualzuftand an eine Periode gebunden.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Eizelle und des männlichen Erregers kann die gefchlechtliche Spannung genannt werden.

Diefe Spannung (Differenz) bedingt noch nicht die Formdifferenz der Zelle.

Mit der Erhebung aber bildet fich eine Form- und Charakterdifferenz zwischen männlichen und weiblichen Keimträgern aus, welche fehr merklich, wenn auch nicht fo auffällig wie bei den höheren Thieren diejenige zwischen Männchen und Weibchen ift.

Die Entwicklung der befruchteten Eizelle ift außerordentlich verſchieden.

G. Benennung und Zusammenhang der Organe von den Algen bis zu den Phanerogamen.

Wir ftellen uns hier die Aufgabe, eine Zufammenftellung der Organe und Zellinhalte zu liefern, welche zeigt, wie lange die benannten Organe mit einander verwachfen find, wann die neue Generation fich von der Mutterpflanze löft, oder wann und von welchem fichtbaren Organ aus eine gefchlechtliche Maſſe fich einerfeits von dem Stock losreißt, um andererseits in das weibliche Organ einzudringen. Wir denken uns aber dabei, zur leichteren Ueberſicht, die befruchteten Eizellen in einen Zeitpunkt gerückt und es möge von ihnen die Evolution der benannten Familien, resp. Arten verfolgt werden.

Jedesmal da, wo in dem Schema ein horizontalftehender Pfeil fich vorfindet, verläßt das männliche Gefchlecht den Stamm. Da, wo ein verticaler Pfeil ftcht, verläßt das Ausfaatobject (Propagationsorgan) den Stock, um draußen den Cyclus von Neuem einzuleiten.

Bei der Betrachtung der herrſchenden Verwandtschaftskreife, welche in dem Schema zufammengeltellt find, drängt fich vor Allem die Thatſache auf, daß alle Waſſerbewohner, fo namentlich die Algen und bei dieſen die Fucaceen, den Modus ihrer Befruchtung einer Waſſerbahn anpaßten, welche die beiden Gefchlechter erzeugenden Orte verbindet. Ein ganz geringer Anſchluß in der Form beſteht zwischen den Charen und allen übrigen Familien.

Anpflanzung der Befruchtung an eine vom männlichen nach dem weiblichen Organ vorhandene Wasserbahn.

Anpflanzung wie vorher an eine Bahn in der Luft.

Gefäßtypogrammen.

Isoflore.

Heteroflore.

Coniferen und Phanerogamen.

Die keimende Oofpore oder schwämme die Zoofpore bringt den Behälter für die Fadalg Ootrophen und hervor; an ihr Anthridien, die entstehen: Oogonien und Anthridien, die Spermatozoiden werden den frei →

Die Spore keimt und bringt die vegetative Pflanze oder ein ge- schlechtes Protonema her- vor, aus Haar- gebilden der vegetativen Pflanze bilden sich Anthridien und Archegon- ien.

Die Macrospore bringt ein weib- liches Prothal- lium hervor, Archegonium wie vorher, die Microspore er- zeugt die Sper- matozoiden. → Macro- und Micro- prothallium

Der Same keimt zur beblätterten Pflanze. An den Auszweigungen der letzten Ordnung entsteht die Blüte. Das Staubblatt enthält den Pollen → Das Carpellblatt bildet adventive Ei- lipförmige, in welchen die Eizelle des agresten Pollenschlauches harrt. Spermatozoiden werden nicht ausge- bildet.

Oedo- Van- gonium, cheira.

Fucaceen.

Characeen.

Musci.

Spermatoz. frei.

[Lycopodiaceen].

Farnkräuter.

Rhizocar- pen.

Selaginella.

Coniferen, Mono- u. Dicotyledonem.

Die befruchtete Oofpore keimt nach der Ruhe, die vegetative Pflanze geht ein.

Die befruchtete Pflanze unmittelbar nach der Befruchtung.

Die befruchtete Oofpore ruht, die vegetative Pflanze geht ein.

Seit, Sporen- kapitel. Spore

Spore aus Zweigproffen

Evolution der beblätterten Pflanze sofort nach der geschlechtlichen Mischung. Primäre Axe mit dem Prothallium eine Zeit lang verwachsen.

Nach der Befruchtung bildet sich ein Vorkeim (bei Monocotylen) häufig rudimentär, sodann die be- blätterte Pflanze zelle Keimpflanze, welche im Samen an Zweigproffen

Die befruchtete Oofpore keimt nach der Ruhe, die vegetative Pflanze geht ein.

Die befruchtete Pflanze unmittelbar nach der Befruchtung.

Die befruchtete Oofpore ruht, die vegetative Pflanze geht ein.

Seit, Sporen- kapitel. Spore

Spore aus Zweigproffen

Evolution der beblätterten Pflanze sofort nach der geschlechtlichen Mischung. Primäre Axe mit dem Prothallium eine Zeit lang verwachsen.

Nach der Befruchtung bildet sich ein Vorkeim (bei Monocotylen) häufig rudimentär, sodann die be- blätterte Pflanze zelle Keimpflanze, welche im Samen an Zweigproffen

Zwei Wahrnehmungen drängen sich dem Beobachter auf, wenn er den Charakter der Fucaceen mit den höheren Descendenten vergleicht:

1^o die größtmögliche Verschiedenheit in der Form zwischen den einzelnen Aeften:

Charen,
Moose,
Farren,
Equifeten,
Rhizocarpeen,
Coniferen,
Phanerogamen.

Die größtmögliche Formenstarre in den fünf bis sechs ersten Familien, der Mangel jeglicher Uebergangsform zwischen Charen und Moosen, Moosen und Farren in der äußeren Tracht bei der größten Uniformität der sexuellen Mischung in den fünf ersten Familien.

In der That sind kaum zwei dieser Verwandtschaftskreise der Phanerogamen so verschieden in Form und Gewohnheit wie Equifeten und Rhizocarpeen oder wie Farren und Equifeten, während doch gerade die Sexualität der Gefäßcryptogamen so sehr uniform ist.

2^o wenn man zugesteht, daß die so auffällige Anpassung an das Wasser zu jener eigenthümlichen Ejaculation der Eizelle bei den Tangen führt, wodurch die Sexualität der Tange einen so scharf ausgeprägten Charakter erhält, so muß die Anpassung in der Sexualität von den Charen bis zu den Phanerogamen sofort in die Augen springen.

Alle die genannten höheren Descendenten sind mehr oder weniger constante Bewohner des festen Landes, wenige Familien ausgenommen, welche durchaus aus Schwimmpflanzen bestehen. Das Streben der Landbewohner geht dahin, ihre Eizelle einzuhüllen, und sie erreichen dieß z. T. durch Ausbildung von Oberflächenzellen, welche den Keimort, in welchem die Eizelle entsteht, umschließen (Charen!), oder indem sie Oberflächenzellen schon lange vor der Anlegung der Eizelle zu einem flaschenförmigen Hohlkörper ausbilden (Archegoniaten), oder indem sie den Keimort mit einem Blatte umhüllen, oder indem sie denselben in den Zweig einsenken (Phanerogamen).

Alle diese Neigungen tragen denselben Charakter der Anpassung an den Einfluß der Atmosphäre, gerade so wie die Anpassung der Fucaceen an das Wasser sie zum Ausstoßen der jungfräulichen Eizellen veranlaßt.

Zum Verständniß der weiteren Formerhebung müssen wir darauf aufmerksam machen, daß sich bei allen Keimbildungen eine Bedingung geltend macht, welche unsere Einsicht in hohem

Grade trübt und welche auch an sich nicht weiter verstanden werden kann, es ist die Ruheperiode.

Sowie die Geschlechtsreife eine gewisse Phase der Entwicklung voraussetzt, so verlangt auch das Geschlechtsproduct, der Keimling, eine gewisse Zeit, um keimfähig zu werden.

Es ist ein merkwürdiger Zug der Keimzellen, der Spirogyren, Vaucherieen, Oedogonieen und Charen, aber auch der Oogonien bei den Peronosporen, den Zygosporen des Syzygites, daß sie unmittelbar nach der Mischung sich einkapseln in eine doppeltgeschichtete Membran, während alle Keimzellen (Eizellen, Keimbläschen) der Moose, aller Gefäßcryptogamen und Phanerogamen unmittelbar nach der geschlechtlichen Mischung zur Anlegung derjenigen Gebilde schreiten, zu welchen sie den Keim in sich tragen.

Den Uebergang zwischen den einen und den andern vermitteln die Fucaceen.

Unmittelbar nach der Mischung keimt das Fucosei zu einem Flächenkörper, welcher zur jungen Fucuspflanze heranwächst.

§ 5. Der Algenstamm.

A. Vergleichende Entwicklungsgeschichte von Algen und Pilzen¹⁾.

Es läßt sich zeigen, daß zwischen niederen Pilzen und niederen Algen mindestens gewisse Formzüge gemeinschaftlich sind, welche höheren Pilzen und Algen fehlen und andererseits in den höheren Verwandtschaftskreisen

¹⁾ Literatur: Algen, Diatomeen.

PAUL TOMASCHEK, Ueber das Entwicklungsgezet der Diatomaceen. 273. Bot. Ztg. 73. — L. REINHARD, Zur Morphologie und Systematik der Bacillariaceen. Bot. Ztg. 75. — Dr. PFITZER, Ueber Bau und Zelltheilung der Diatomaceen (HANSTEIN's Abh. aus dem Gebiete der Morphol. Bd. 1). — FR. KÜTZING, Ueber einige kiefschalige Diatomeen. 247. Bot. Ztg. 46. — J. E. LÜDERS, Beobachtungen über die Organisation, Theilung und Copulation der Diatomeen. Bot. Ztg. 62. — FRANCESCO CASTRACANE, Die Diatomeen in der Kohlenperiode. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 1. 1863—1864. — J. H. L. FLÖGEL, Ueber die Structur der Zellwand von Pleurosigma. 320. Bot. Ztg. 70. — Dr. E. PFITZER, Unterf. über den Bau und die Entwickl. der Bacillariaceen. (HANST. bot. Abh. 2. Heft. 1871.) — F. SCHMITZ, Die Bildung der Auxosporen von Cocconema Cistula. Ehb. 217. Bot. Ztg. 72. — RALFS, On the british Diatomaceae. Ann. and Mag. of Nat. History 1. ser. vol. XII. 1843. S. 347. — Dr. G. FRESENIUS, Ueber Sphaeroplea annulina. Bot. Ztg. 51. — Dr. FERD. COHN, Die Entwicklungsgech. der Gattung Volvox. COHN, Beitr. Heft 3. Seite 93. Breslau 1875. J. U. Kern's Verlag. Ueber parasitische Algen. COHN, Beitr. Heft 2. Seite 87. Breslau 1872. J. U. Kern's Verlag. — J. WALZ, Beitrag zur Morphologie und Systematik

nicht mehr vorkommen. Möge hier eine vergleichende Entwicklungsgeschichte mit besonderer Berücksichtigung der Generation folgen. Es ist in Hinsicht der Form kaum möglich, eine Kette zu bilden, welche man als einen Ast des theoretisch geforderten Stammbaumes ansehen könnte.

der Gattung *Vaucheria*. Seite 127. PR. Jahrb. Bd. V. — L. JURÁNYI, Beitrag zur Morphol. der Oedogonien. PR. Jahrb. Bd. IX. S. 1. — M. WORONIN, Beitrag zur Kenntniß der Vaucherien. Bot. Ztg. 69. 137. — ROSANOFF, *Recherches anatomiques sur les Mèlobésiées*. Cherbourg. 1866. — N. PRINGSHEIM, Ueber die männlichen Pflanzen und die Schwärmsporen der Gattung *Bryopsis*. (A. d. Monatsber. d. Kgl. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1871.) — J. REINKE, Beiträge zur Kenntniß der Tange. PR. Jahrb. Bd. X. S. 317. — Dr. HILDEBRANDT, Ueber einen *Chroolepus* mit Zoosporenbildung. Bot. Ztg. Bd. XIX. — Dr. F. COHN, Ueber den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) mit Bemerk. über die mikroskop. Analyse des Brunnenwassers. COHN, Beitr. Heft 1. S. 108. Breslau 1870. J. U. KERN. — MILLARDET, *De la germination des Zygosporos d. les genres Closterium et Staurastrum. Extr. du VI. vol. d. l. soc. d. sc. nat. de Strasbourg*. — ROB. CASPARY, Vermehrungsweise des *Pediastrum*. Bot. Ztg. 50. — Prof. L. CIENKOWSKY, Ueber einige chlorophyllhaltige Glöocapfen. Bot. Ztg. 65. — W. VELTEN, Beob. über Paarung von Schwärmsporen. 383. Bot. Ztg. 71. — L. CIENKOWSKI, Ueber Palmellenzustand bei *Stigeoclonium*. 17—70. Bot. Ztg. 76. — A. BRAUN, Verjüngung. Leipzig. Engelmann. 1851.

Allgemeine Literatur.

Prof. CIENKOWSKY, Algologische Studien. Bot. Ztg. 55. — A. DE BARY, Bericht über die Fortschritte der Algenkunde in den Jahren 1855—57. Bot. Ztg. 58. — N. PRINGSHEIM, Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen. PR. Jahrb. Bd. I. 1858. Bd. II. 1860. Nachtrag zur Kritik und Geschichte der Untersuchungen über das Algengeschlecht. 1860. PR. Jahrb. II. Seite 470. — C. RABENHORST, Zwei neue Algen an todtten Chignon-Haaren. 133. Bot. Ztg. 67. — ROSANOFF, Physiologische und anatomische Untersuchungen über die Meeresalgen. St. Petersburg 1867. — C. CRAMER, Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von *Ulothrix*. 76. 89. Bot. Ztg. 71. — J. F. ROSTAFINSKI, Beobacht. über Paarung von Schwärmsporen. 785. Bot. Ztg. 71. — Dr. J. WALZ, Beitrag zur Kenntniß der Zoosporenbildung bei den Algen. 497. — A. MILLARDET, I. *Des genres atichia, myriangium et nectrocymbe*. II. *Études sur la matière colorante des phycobromacées et des diatomées*. III. *De la germination des Zygosporos dans les genres closterium et staurastrum et sur un nouveau genre d'algues chlorophorées*. Strasbourg. G. Silbermann. 1868. — Dr. E. ASKENASY, Beiträge zur Kenntniß der Gattung *Ectocarpus*. Bot. Ztg. 1869. S. 785. — N. PRINGSHEIM, Einige erläuternde Bemerk. zu den Folger. aus seinen Beobachtungen über Schwärmsporen-Paarung. 265. Bot. Ztg. 70. — Dr. LEOPOLD KNY, Ueber d. Morphologie von *Chondriopsis caerulea* CRONAU pp. A. d. Monatsber. d. Königl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1870. — CARL NÄGELI, Die neueren Algenysteme. Mit 10 Tafeln. 1847. — N. PRINGSHEIM, Zur Kritik und Geschichte der Untersuchungen über d. Algengeschlecht. 1857. Beiträge zur Morphol. der Meeresalgen. Aus den Abhandlungen der Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1861. — C. CRAMER, Prof., Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von *Ulothrix*. Zürich. Zürcher u. Furrer. 1870. — ARNOLD DODEL, *Ulothrix zonata*, ihre geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung, ein Beitrag zur Kenntniß der unteren Grenze des pflanzl. Sexuallebens. PR. Jahrb. Bd. X. S. 417. — A. DODEL-PORT, Beiträge zur Kenntn. der Schwärmsporen von *Ulothrix zonata*. 177. Bot. Ztg. 76. — C. CRAMER, Einige Bemerk.

Der geschlechtliche Unterschied ist bei niederen Algen zum Theil schon in der Gestalt der Zellengebilde kenntlich, welche die Geschlechtsmassen erzeugen, so bei: *Vaucheria*, *Oedogonium*, *Coleochaete*, *Fucus*.

Der äußerliche Unterschied ist dagegen nicht nachweisbar bei den Desmidiaceen, *Mesocarpus*, *Pandorina*.

zu der kürzlich erschienenen Schrift von Dr. A. DODEL über *Ulothrix zonata*. 695. Bot. Ztg. 76. — N. PRINGSHEIM, Ueber den Gang morph. Differenz. in der Sphacelarienreihe. Berlin, Königl. Ak. d. Wissenfch. 1873. S. 138 ff. — P. MAGNUS, Zur Morphologie d. Sphacelarien. — Graf H. zu SOLMS-LAUBACH, Ueber die Fruchtentwicklung von *Batrachospermum* 161. 9. Ueber *Vaucheria dichotoma* D. C. 361. Bot. Ztg. 67. — E. BORNET und G. THURET, Ueber die Befruchtung bei den Florideen. 156. Bot. Ztg. 67. — KNY, Ueber die Bedeutung der Florideen in morpholog. und histol. Beziehung. 433. Bot. Ztg. 73. Ueber die Axillarknospen bei Florideen. Abdruck aus der Festschrift zur Feier des 100jähr. Bestehens der Gef. naturforsch. Freunde. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlag.

Systematische Uebersicht der Algen nach Maout und Descaisne.

- Tribus I. Florideen 60—70 Gattungen.
- » II. Phaeosporeen und Fucaceen, THURET. (Melanosporeen, HARVEY.)
1. Section: Laminariaceen etwa 36 Gattungen.
2. » Fucaceen » 12 »
- » III. Chlorosporeen, THURET. (Confervaceen, AGARDH.)
1. Section: Confervaceen etwa 22 Gattungen.
2. » Unicelluläriaceen » 4 »
- Subtribus: Oedogoniaceen » 3 »
- » IV. Vaucheriaceen 1 Gattung.
- » V. Synsporeen (Conjugatae) 8 Gattungen.
- Subtribus: Desmidiaceen 21 »
- » VI. Diatomeen.

Algae spuriae, hierhin rechnen d. Aut.: Volvocineen, Palmellaceen, Leptothrix, Nostoc, Oscillaria u. a. m.

Systematische Uebersicht der Algen in Mittelddeutschland nach Rabenhorst.

I. Classe: Algae.

I. Abtheilung: Diatomaceen.

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| 1. Familie: Melosiroideen . . . | 4 Gattungen. |
| 2. » Eunotiaceen . . . | 3 » |
| 3. » Cymbellaceen . . . | 4 » |
| 4. » Achnantheen . . . | 2 » |
| 5. » Cocconeideen . . . | 1 » |
| 6. » Surirelleen . . . | 3 » |
| 7. » Fragillariaceen . . . | 6 » |
| 8. » Naviculaceen . . . | 12 » |
| 9. » Synedreneen . . . | 4 » |
| 10. » Gomphonemaceen . . . | 4 » |
| 11. » Meridiaceen . . . | 1 » |
| 12. » Tabellariaceen . . . | 1 » |

Die männlichen Geschlechtszellen werden passiv zu den Eizellen geschwemmt: Florideen, Batrachospermum. Sie schwimmen activ durch Flimmerbewegung bei den Vaucherieen, Oedogonieen, Saprolegnieen, Characeen (bis zu den Muscineen und Gefäßcryptogamen geht dieser Zug mit).

Die Gestalt und feinere Gliederung niederer Algen sind indeß schon sehr mannigfach, so bei den Desmidiaceen.

Die Protococcaceen, Palmellaceen repräsentiren bis jetzt die einfachsten Algenkörper. Immerhin ist hier schon ein Proceß der Copulation mit dem Vorgang vegetativer Theilung verbunden.

1. Zellencolonien in Kugeln oder Flächen¹⁾.

Die niederen Algenformen erheben sich zum Theil nicht über die Bildung von sphärischen Zellen oder Zellencolonien, welche sich durch Theilung vermehren. Die Propagation geschieht durch freiwerdende Schwärme-

¹⁾ Hierhin gehören mehrere niedere Algenfamilien: die Palmelleen, Protococcaceen, auch die Volvocineen, sämmtlich Wasserbewohner, welche nach einigen Autoren zum Verwandtschaftskreis der Palmellaceen vereinigt sind. Zu den Palmelleen gehören die Gattungen: Pleurococcus, Gloeocystis, Schizochlamys, f. Bd. I. S. 57, Palmella, Tetraspora, Dictyosphaerium u. m. a. Zu den Protococcaceen gehören die Gattungen: Protococcus, Chlamidococcus, Chlamidomonas, Scenedesmus, Pediatrum. Die wichtigsten Gattungen der Volvocineen sind: Volvox, Gonium, Stephanosphaera, Botryocystis. Die Desmidiaceen, einzellige Algen, durch die Copulation indeß mit den Zygnemaceen verwandt und mit ihnen in den Verwandtschaftskreis der Conjugaten zusammengefaßt, enthalten eine Reihe der morphotisch ausgezeichnetsten Formen: Eremosphaera, Palmogloea, f. Fig. 23, Penium, Closterium, Desmidium, Euastrum, Staurastrum, Cosmarium, Micrasterias.

II. Abtheilung: Phycchromaceen.

1. Ordnung: Gloiophyceae, Schleimalgen.

1. Familie: Chroococcaceen . . .	14 Gattungen.
2. » Oscillarieen . . .	8 »
3. » Nostocaceen . . .	5 »
4. » Rivularieen . . .	8 »
5. » Scytonemeen . . .	7 »
6. » Siroisiphoniaceen . . .	2 »

III. Abtheilung: Chlorophyllaceen.

1. Ordnung: Palmellaceen.

1. Familie: Palmelleen . . .	15 Gattungen.
2. » Protococcae . . .	13 »
3. » Volvocineen . . .	4 »

2. Ordnung: Conjugatae.

1. Familie: Desmidiaceen . . .	19 Gattungen.
2. » Zygnemaceen . . .	10 »

3. Ordnung: Siphoneen.

1. Familie: Botrydiaceen . . .	1 Gattung.
2. » Vaucheriaceen . . .	1 »

sporen, durch Copulation zweier, aus den vegetativen Zellen hervordwachsenden Keimschläuche, deren Zelleninhalte in eine einzige Zelle vereinigt werden. Dieser Modus stellt den niedersten Zustand der geschlechtlichen Vereinigung dar, weil die geschlechtliche Spannung bis hieher die Bildung gestaltlich und functionell verschiedener Geschlechtszellen nicht zu Stande bringt.

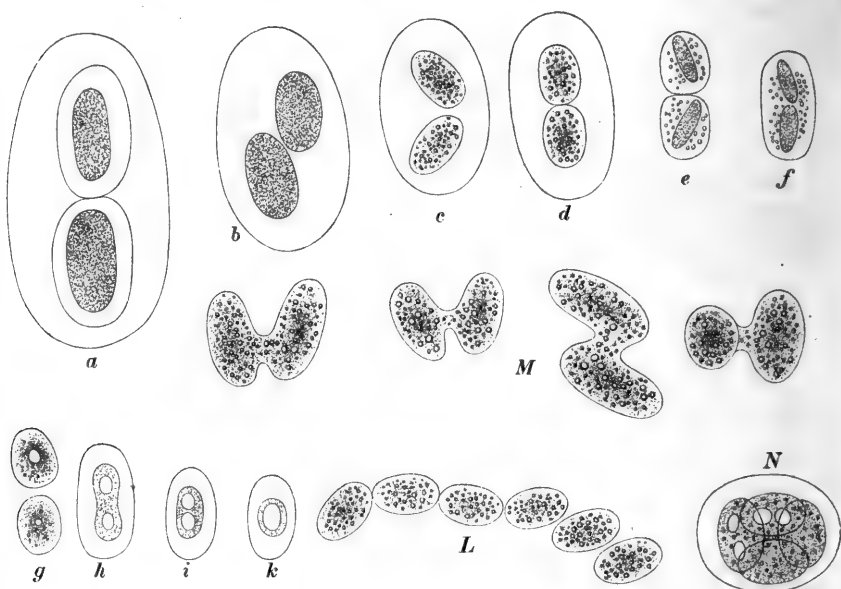


FIG. 25. *Palmogloea macrococca* (Desmidiaceae). Die Reihe *a b c . . .* zeigt die Theilungen der Zelle in je zwei Tochterzellen der nächsten Zellengeneration. *e f* weitere Stadien der Theilung. *g h i k* Auftreten der Zellkerne, mit Jodtinctur behandelte Exemplare. *L* Kette von Zellen mehrerer Generationen. *M* Copulationszustand der Zellen aus der Reihe *L*. *N* Theilung in vier Tochterzellen. (A. BRAUN, Ueber die Ersch. der Verjüngung etc. Leipzig 1851.)

Der Entwicklungsgang dieser Alge ist etwa dieser: soweit die Angaben reichen, entsteht die erste Zelle der laufenden Sommerperiode aus dem Complex *N*. Je eine dieser Zellen theilt sich, nachdem die Membran zu

4. Ordnung: Confervaceen.

1. Familie: Ulvaceen . . .	3 Gattungen,
2. » Sphäropleaceen . . .	1 »
3. » Conferven . . .	6 »
4. » Oedogonieen . . .	2 »
5. » Ulotrichineen . . .	10 »

II. Classe: Melanophyceae.

I. Ordnung: Lemaniceae.

1. Familie: Lemaniceen . . .	1 Gattung,
------------------------------	------------

III. Classe: Rhodophyceen, Batrachospermeeen . . .	1 »
Phyllophoraceen, Phyllophoreen . . .	1 »

einer Gallerthülle aufgelockert ist, in je zwei Tochterzellen, welche sich ebenfalls mit Gallerthüllen versehen. Die entstehenden Generationen sind durch die Figur 25 *a* bis *d* dargestellt, *e* und *f* sind wahrscheinlich pathologische Zustände. Hier ist eine compactere grüne Plasmamasse ausgeschieden. In derselben Sommerperiode finden sich aber auch Ketten vegetativer Zellen *L*, welche durch raschere Theilung entstanden sind. Ein weiterer Schritt ist die Copulation der zuletzt, z. B. aus *L* stammenden Zellen. Dieß ist in verschiedenen Lagen in *M* dargestellt. Zuletzt kapseln sich die durch Copulation entstandenen Zellen ein und überwintern, um im nächsten Sommer in der Entwicklung, entsprechend dem Anfang, *a* der Figur, fortzufahren (den Cyclus zu wiederholen).

Die Copulanten fließen in der niedersten Stufe dieses Vorganges selbst zusammen, Fig. 25 *M*, sie sind gestaltlich vollkommen gleich und jeder Copulant trägt gleichviel zur Vereinigung bei.

Die Palmogloea macrococca, welche A. BRAUN zuerst genauer zu untersuchen Gelegenheit hatte, wird zu den Desmidiaceen gerechnet wegen der Copulation, sie zeigt aber in ihrer vegetativen Theilung großen Anschluß an die vegetative Form der Palmellen.

Die Gleichmäßigkeit der Copulation von beiden Copulanten wird am anschaulichsten bei Staurostrum (Desmidiaceen), Fig. 27. Die vegetativen Zellen *a b* fenden geschlechtliche Keimschläuche aus, Fig. 27 *B C*, welche verwachsen, *B D*. Die Scheidewand zwischen beiden wird reforbirt, die beiden Zellinhalte vereinen sich zur Jochspore *Z Z*.

Hier gehen zwei vegetative Individuen zu Grunde um eine Spore zu bilden. Käme hier nicht eine rein vegetative Reihe von Theilungen zu Hilfe, welche zwischen zwei geschlechtlichen die Anzahl der Individuen vermehrte, so würde sich die Form durch die Copulation in geometrischer Progression ($\infty \dots\dots\dots 32. 16. 8. 4. 2. 1$) vermindern.

Zu den elegantesten vegetativen Formen der Desmidiaceen gehört Micrasterias rotata, Fig. 29. Der vegetative Körper ist hier einzellig, er ist nach zwei zu einander senkrechten Richtungen symmetrisch und entspricht einem Lager mit zwei Hauptausläufern *a a'*, mit je zwei Seitenlappen $\alpha \alpha'$, $\beta \beta'$, welche wiederholt gabelig zerklüftet sind, wie dieß am besten aus dem von der Wand durch die Einwirkung von Glycerin zurückgezogenen Plasmakörper *p p'* erkannt wird. *n* der Zellkern.

Diese beiden, bezogen auf die Linie *b b'*, symmetrischen Hälften sind verschiedenen Alters, wie aus der Figurenreihe, Fig. 28, hervorgeht. Man

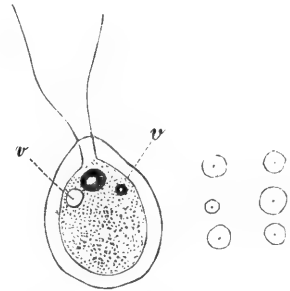


FIG. 26. Vacuolenrhythmus von Chlamydomonas. Die linke Vacuole *v* erreicht soeben das Maximum ihrer Ausdehnung, die rechte ist dem Verschwinden nahe.

findet in den Sphagneten, den Wohnorten dieser Desmidiaceen, häufig Ketten von 12—20 Individuen, welche in der Vermehrung begriffen sind. Dieß geschieht so: die beiden mit 1 bezeichneten Hälften, Fig. 28 A, gehören vor der Theilung einem Individuum an, in dem Orte der Einfchnürung

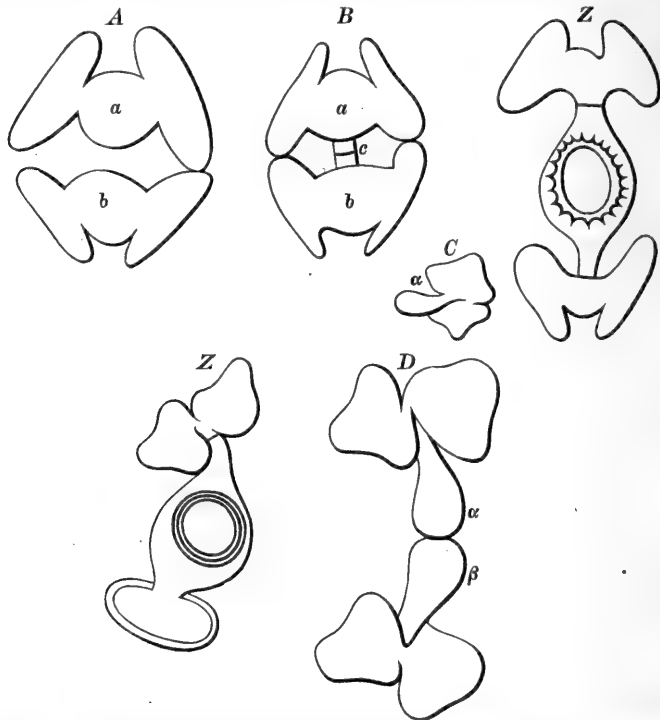


FIG. 27. Copulation und Entstehung der Jochspore bei *Staurastrum* (Desmidiaceen). A die beiden vegetativen Zellen vor, B nach der Vereinigung durch die in C und D dargestellten Keimfläuche α β , Z die Jochspore. (Halbschematisch.)

theilt sich die Zelle, es wächst aber sofort zu jeder der Hälften 1 die andere Hälfte 2 hervor. So sind zwei Individuen entstanden. Die Generation 2 wächst rasch zur Größe der Muttergeneration 1 heran, und es wiederholt sich derselbe Proceß, jetzt entstehen vier Individuen, Fig. 28 B. Jede neue Generation sei mit einer Zahl belegt, so erhalten wir die in dem Täfelchen verzeichnete Reihe, welche gleichzeitig die Blutsverwandtschaft der Kette ausdrückt: in der oberen vor der Theilung ist dann aber eigentlich für den einen Einer eine 0 zu setzen. In den Zahlenketten des Täfelchens sind je zwei Zahlen überstrichen, dieß deutet an, daß sie einem Individuum zuzusprechen sind. 5 ist die letzte Generation. Wir können also sagen, von 1 ab ist das Blut der Ahnen auf 16 Zellen vertheilt und 4 neue Generationen sind entstanden. Untersuchen wir die letzte Zahlenreihe, so finden wir den

interessanten Zug, daß die zuletzt entstandene Generation mit 16 Zellenhälften mit den Zellenhälften aller früheren Generationen combinirt erscheint, nämlich 1, 4, 3, 2, fymmetrisch um die Axe, welche das Täfelchen halbt. Auf der anderen Seite 2, 3, 4, 1. Die nächste Generation mit

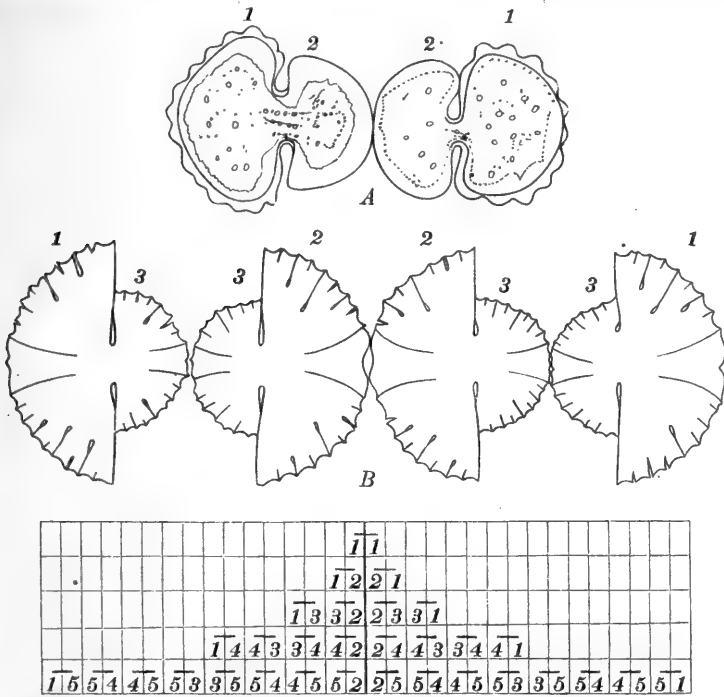


FIG. 28. Vegetative Vermehrung der Desmidiaceen. A für Cosmarium. Die Zellenhälften 1 1 bildeten ursprünglich ein Individuum. Die Ausfüllungen 2 2 sprossen aus der Einfügungsstelle. In B ist die zweimalige Theilung dargestellt für Micrasterias. Die Generationen folgen alsdaun weiter wie die Zahlenreihen.

6 bezeichnet würde erhalten, indem wir zwischen je zwei Zahlen der vorhergehenden zweimal die Zahl 6 einschalten und jede 6 mit den vorhergehenden Zahlen durch einen Strich verbinden: die vegetative Vermehrung geschieht somit in geometrischer Progreffion 1, 2, 4, 8, 16, 32 . . . ∞, so aber, daß jede Generation mit allen höheren zur Vereinigung kommt, daß also die letzte Generation mit der entferntesten und mit der nächsten blutsverwandten zur Bildung der Individuen zusammenkommt.

Da nun die Copulation, Fig. 27, die Reihe, welche durch vegetative Theilung in dem besprochenen Sinne entstanden ist, auf die Hälfte der Individuenzahl vermindert, da nur halb soviel Jochsporen gebildet werden als vegetative Pflanzen vorhanden waren, so kann der geschlechtliche Act der Propagation nicht dienen oder nichts Wesentliches zur Vermehrung beitragen. Die

ruhende Zygospore übermittelt zwar die Vegetation dieser Desmidiaceen von einer Sommerperiode durch den Winter zur nächsten, die Vermehrung und Verbreitung hängt aber doch, wie aus der

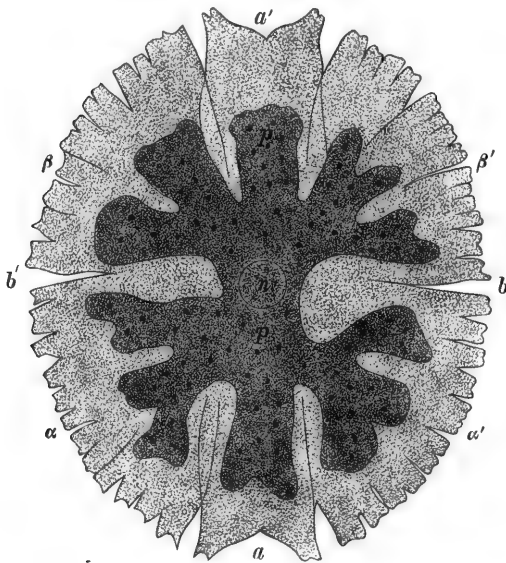


FIG. 29. *Micrasterias rotata* (Desmidiaceen). Einzelliger Körper, in *n* der Zellkern, *a a'* die ersten dichotomen Zweige, *α α'*, *β β'* die zweiten. Die Hälfte *α' β'* ist nicht von demselben Alter wie *α α'*.

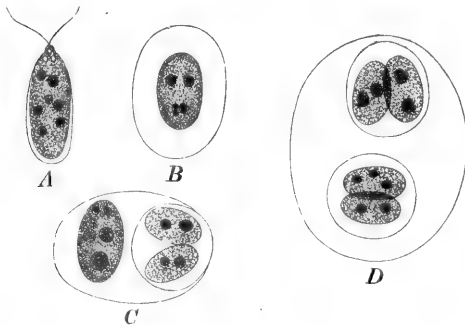


FIG. 30. *Chlamidomonas obtusa* (Protococcaceen). *A* der Schwärmer. *B C D* verschiedene Stadien der zu dem Schwärmer gehörigen Glöocystenbildung. (Nach CIENKOWSKY, Bot. Ztg. 65.)

Aus dem Inhalt der letzten Generation entsteht wieder für je eine Zelle eine Schwärmzelle, welche die Hülle verläßt, mit Cilien versehen im Wasser sich fortbewegt. Außer diesen Makroconidien sind noch kleinere Schwärmer, die Mikroconidien beobachtet worden, deren Entwicklung in *Chlamidococcuszellen* nachgewiesen ist (CIENKOWSKY, a. a. O., S. 26).

vorstehenden Schilderung erhellt, allein von der Anzahl der vegetativen Theilungen ab, welche in der Vegetationsperiode ausgeführt werden.

Die Protococcaceen sind einzellige Algen. Die Zelle ist im Allgemeinen von sphärischer Form. Wir unterscheiden bei der gewählten Form, *Chlamidomonas obtusa*, Fig. 30, an der mit Cilien versehenen Schwärmzelle *A* mehrere Chlorophyllkörper und in dem einen Pol zwei pulfrende Vacuolen (f. Bd. I d. Handb. S. 29). Die Entwicklung verläuft so, daß der Schwärmer endlich seine Cilien einzieht, sich beruhigt und in den Zustand der Glöocyste (Schleimhülle) übergeht. Es hebt sich die Membran als dickere Gallerte von der Plasmamasse ab. Die Glöocyste theilt sich, Fig. 30 *C* und *D*, und es bilden sich soviel ineinandergeschachtelte Hüllen wie Zellgenerationen entstehen.

Die Form der Zellengruppe, Fig. 31, zeigt von den niedern nach den höheren zuerst eine Zellenfläche *a b c*, Fig. 31, in welcher durch wiederholte Theilung die Anzahl der Zellen wächst. Die Gruppierung der Zellen hat aber gar keinen Anschluß an höhere Lagerpflanzen. Die Vermehrung geschieht dadurch, daß aus den Zellen des Randes der vorher schon getheilte Plasmakörper auschlüpft, und von Neuem eine Colonie durch Verschmelzung der Einzelzellen bildet. Jegliche Andeutung weiterer

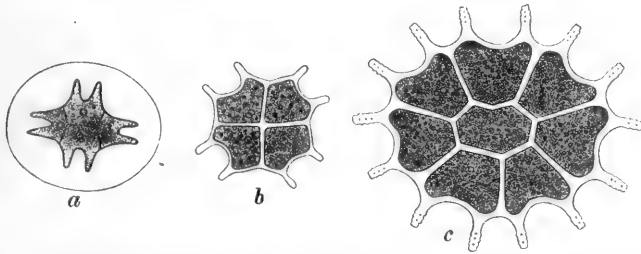


FIG. 31. Pediatrum. *a* kleine Scheibe aus vier Zellen bestehend, noch in der gallertartigen Hülle eingeschlossen, *b c* ältere Zustände einer Scheibe nach dem Kreisquadrantentypus in je zwei Zellen verschränkt (nach A. BRAUN, Verjüngung).

vegetativer Gliederung fehlt hier.⁴ Das Gebilde wurzelt nicht. Es bildet nicht differente Geschlechtsmassen und besitzt gleichwohl eine hochgegliederte Form. Die Schwärmzellchen, welche aus den Zellen der Scheibe *c* der Figur auschlüpfen, werden nicht gleichzeitig frei, im Verlaufe eines Tages etwa entleert sich allmählig das Scheibchen, vier und mehr Tochterzellen sind alsdann gebildet, sie treten in einer hyalinen Blase aus der Mutterzelle und stellen eine Colonie dar, welche sich allmählig beruhigt; die Zellchen ordnen sich endlich zu einer Scheibe, zunächst ohne sich direct zu berühren, zuletzt aber verwachsen sie bei der vorliegenden Art mindestens vollständig, Fig. 31 *a*. Nach wenigen Stunden verschwindet die gallertartige Blase, das Gebilde erhält die Form *b* und theilt sich von nun ab so, daß das vegetative Scheibchen *c* entsteht. Das Scheibchen *c* hat eine centrale und sieben Randzellen. Die Form variirt so, daß in der Natur eine centrale Zelle mit mehreren, meist zwei Reihen von Zellen combinirt ist, oder es sind zwei centrale Zellen mit sieben und neun Randzellen zusammengeordnet (f. A. BRAUN, Verjüngung, S. 355). Die Generation bei Pediatrum ist somit durch vegetative Theilung eingeleitet und die Progression der vegetativen Individuen ist: *n, nn, nnn* u. f. f., worin *n* die Anzahl der Zellchen in einem Scheibchen bedeutet.

Der Formenkreis der Protococcaceen ist indeß noch mannigfaltiger. Wir können unterscheiden:

1° Niedere Stufe. Sphärische Zellen mit stark gequollener Membran. Der Schwärmer mit Cilien, welche an dem spindelichen Ende durch die Gallerthülle austreten. Die Schwärmer und die Ruhezellen bilden neben dem Chlorophyll ein rothes Pigment, welches bei den Schwärmern auf ein punktförmiges Tröpfchen beschränkt, bei den Ruhezellen diffus

neben dem Chlorophyll vertheilt ist; hierher gehört: *Protococcus* AGARDH und *Chlamidococcus*, *Cystococcus*.

2° Höhere Stufe. Zellen cylindrisch sichelförmig gekrümmt *Ophiocytium* NÄGELI; die vielfach verkrümmten Zellen wachsen zuweilen fest, sie bilden mehrere Propagationszellen, welche in eine Reihe geordnet sind.

Polyedrium NÄGELI, Zellen frei tetraëdrisch, mit je einer Dornspitze an den Ecken.

3° Obere Stufe. a) Die Zellen verwachsen zu dendritischen Aesten, welche in Quirlen bis zur dritten Ordnung an einer der Unterlage anhaftenden Stammzelle entstehen. *Sciadium Arbuscula* A. BRAUN.

b) Die Zellen verwachsen zu flachen Scheiben oder polyedrischen Colonien: *Pediarium*, A. BR. *Cœlastrum*, NÄGELI. *Sorastrum*, KTZG.

c) Die Zellen sind spindelig verwachsen zu langen Ketten in Richtung der kurzen Axe durch die Spindel *Scenedesmus*. Die Endzellen der Kette bei einigen Formen mit borstenförmigem Ansatz, mondsichelartig gekrümmt.

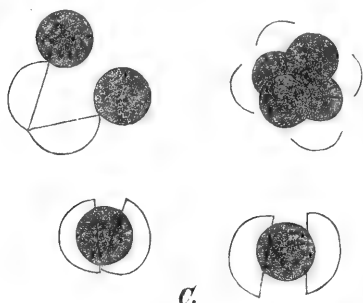


FIG. 32. *Schizochlamys gelatinosa*. Zwei Zellen, welche ihre Zellhaut in zwei Klappen zerreißen. Zwei neue Zellen, welche ebenso die Membran der Mutterzellen zerklüften. Die dritte Generation vier Tochterzellen, die Membran zerfällt in vier Klappen. (A. BRAUN).

a) Niedere Formstufe. Sphärische Einzelzellen in Colonien in einer Gallertmasse, welche durch Quellung der Membran entstanden ist. Die vegetative Vermehrung geschieht durch Zwei- oder Viertheilung. In Bächen, Sümpfen und feuchten Mauern.

Glæocystis (NÄGELI), Colonien mit mehreren Generationen. Die Einzelzelle sphärisch, alle in Gallertconvolute eingehüllt. Als Gallertklümpchen kenntlich an Flußufern, Floßholz, feuchten Bretterwänden.

Schizochlamys. Diese Palmellacee zeigt in Bezug auf die Zelltheilung eine schwache Analogie mit den unten zu betrachtenden Bacillariaceen. Sie lebt in Colonien in hyalinen unregelmäßigen Gallertlagern, in Gebirgsquellen, häufig in Gesellschaft von *Batrachospermum*. Die Theilung geschieht so, daß die erste Generation zu zwei Kugelzellen führt, welche entlassen werden, indem die Membran in zwei scharf umschriebene halbkugliche Klappen zerfällt. Theilt sich eine Zelle in 4 Tochterzellen, so werden diese nach der Bildung von 4 Membranklappen entlassen (s. Fig. 32).

In der Gallerte sieht man die Klappen oft zu Hunderten reihenweise entleert nebeneinander liegen. *Pleurococcus*, MENEGH., *Protococcus*, KTZG. Die Zellen in Colonien oder vereinzelt. Die Theilung geschieht nach dem Schema der Kugelquadranten. Die Gallert-hüllen dick geschichtet. Ueberzüge an Brunnenwänden, feuchter Erde, Pfützen, auch an Flußufern auf Steinen.

Tetraspora, AGARDH. Colonien im Gallertlager, die Zellen zu Vierlingen vereinigt.

Die Palmellen stellen Colonien von Zellen dar, welche sich in Kugelquadranten theilen, jede Generation umhüllt sich mit einer Gallerthülle, oft stecken mehrere Generationen in einander geschachtelt, man unterscheidet dann so viel Convolute der gequollenen Membran wie Zelltheilungen ausgeführt wurden. Sie bewohnen stagnirende Wasser und Quellen, Sphagneten und Sümpfe in Gesellschaft mit den Volvocineen, Diatomeen und anderen niederen Algengruppen. In Hinsicht der Form finden sich in dieser Familie alle Typen vereinigt: kugliche Einzelzellen, Vierlinge, Colonien in sphärischen Gallertmassen und solche in unregelmäßigen Gallertlagern. Die wichtigste Form ist *Palmella* (NÄGELI).

b) Höhere Formstufe. Hier sind drei Formen der Zusammenlagerung zu beachten:

1° *Palmodactylon*, die Zellen in weniggliedrigen Ketten sind mehr oder weniger regelmäßig um einen Punkt geordnet zu einer in der Gallerte eingeschlossenen kuglich strahligen Colonie.

2° *Rhaphidium*. Die Zellen sind schmalspindelig, theilen sich durch schiefstehende Querwände in zwei- bis dreigliedrige Ketten. Viele solcher sind um einen Punkt zu einer Colonie vereinigt.

3° *Hormospora*. Die Theilung führt zu einer Kette, welche in einer cylindrischen Schleimschicht eingebettet liegt.

4° *Nephrocytium*. Die halbkugeligen Zellen liegen zu mehreren in einer kurzcy-lindrischen Hülle.

c) Höchste Formstufe. Diese ist vertreten durch die Gattungen:

Dictyosphaerium. Sphärische Colonien in gemeinschaftlicher Gallerthülle; isolirt man durch Druck einen Theil, so findet man die Einzelzellen an dichotomen Gallertästen in Verzweigungen von zwei bis drei Ordnungen, ähnlich dem dichotomen Zweigsystem eines Alsenblüthenstandes. Dahin gehört auch *Mischococcus*, wo die Zellen zu zwei in Verband am Ende dichotomischer Zellenketten sitzen.

Die *Desmidiaceen* enthalten die elegantesten und am schärfsten ausgeprägten Formen im ganzen Pflanzenreich. Etwas Aehnliches kommt nur noch vor bei den *Diatomeen* und in den Pollenzellen der höchsten Pflanzen. Die vegetative Vermehrung geschieht durch *intercalares* Wachstum (s. die Fig. 28).

Mit einigen der *Diatomeen*formen haben die *Desmidiaceen* den Charakterzug gemein, daß aus der zwei vegetative Individuen beanspruchenden Jochspore bei deren Keimung wiederum nur zwei solcher für die nächste Vegetationsperiode entstehen; daß somit eine eigentliche Propagation auf dem Wege der Copulation nicht erzielt wird. Von den niederen nach den höheren Formen fortschreitend erhält man die folgende Reihe:

Palmogloea Kütz. Die vegetativen Zellen unregelmäßig elliptisch mit einem großen Chlorophyllkörper, die vegetative Vermehrung (Fig. 32) geschieht durch wiederholte Zweitheilung, bei welcher die consecutiven Generationen ihre Membranen in einander schachteln (ein Anschluß an den Modus der *Palmellen*), die endlich freien mit zarter Membran versehenen vegetativen Zellen copuliren und bilden schließlich keine Jochspore, dagegen vier Ruhezellen, welche in einer gemeinsamen Membranhülle eine Zeit lang in der trockenen Jahreszeit bis zur Wiederbefruchtung ruhen.

Eremosphaera, DE BARY. Die vegetative Zelle kuglich mit fester Membran und häufig mit Gallertschicht. Das Chlorophyll in sphärischen Plasmakörpern. Diese sind in Platten in dem Wandbeleg oder strahlig vom Mittelpunkt der Zelle aus geordnet.

Closterium, NITZSCH. Die vegetativen Zellen aller Arten dieser verbreiteten Gattung sind spindelig, an beiden Enden verschmälert, in der Mitte am breitesten Theil der Spindel etwas eingeschnürt, oder mit ringförmiger Verdickung. Das Chlorophyll in sphärischen Plasmakörpern. Diese sind in mehreren Längstreifen geordnet. Der Zellkern in centraler Lage. An beiden Polen der Zelle liegen zwei sphärische Vacuolen, in welchen zahlreiche sehr kleine Krysfällchen in Molecularbewegung befindlich sind. Die vegetativen Zellen copuliren in der concaven Seite, bilden eine oder zwei im Joch liegende Sporen, welche eine Zeit lang ruhen. Vor der Keimung ist der plasmatische Inhalt der Jochsporen farblos. Ein Zellkern ist vorhanden. Während der Keimung häutet sich die Zelle, nach wenigen Stunden zeigt sich an zwei Stellen des sphärischen Plasmakörpers Chlorophyll, zwei sphärische Tochterzellchen differenziren sich und nehmen die gefärbten Plasmakörper auf. Die Zellmembran der Mutterzelle zergeht, die beiden Tochterzellchen strecken sich zu den vegetativen, gekrümmt spindeligen *Closterium*formen.

Penium, BRÉB. Die vegetative Zelle ist spindelförmig an den Polen abgerundet, im Querschnitt kreisförmig, in dem Schnitt des größten Kreises eine helle chlorophylllose Zone, das Chlorophyll ist in sechs bis acht Lamellen vertheilt, welche von der geometrischen Axe ausstrahlen. Die Vacuolen mit den tanzenden Krytällchen in den Polen fehlen.

Tetmemorus, RALFS. Wie bei *Penium*, die Zelle aber ist in der Mitte eingeschnürt und an beiden Polen findet sich eine nach dem Zellraum vorspringende Leiste von Cellulose.

Pleurotænium, NAGELI. Diese Formen liegen zwischen der Spindel ohne Krümmung und dem Cylinder, sie sind entweder breitspindelig oder elliptisch in der Mitte eingeschnürt, bezogen auf die Schnürfelle symmetrisch. Das Chlorophyll ist in mehrere Bänder geordnet, welche dem Wandbeleg eingebettet sind. Pl. baculum eine fast cylindrische wenig in der Mitte eingeschnürte Form.

Von diesen stereometrisch scharf umschriebenen aber verhältnißmäßig einfachen Formen aus lassen sich die nächstähnlichen nach zwei Richtungen herleiten. In einer dieser Richtungen (nämlich *Desmidium*, *Bambusina*, *Hyalotheca* u. a.) liegt der gestaltliche Anschluß an die sonst isolirt stehenden *Bacillariaceen* (s. unten); in der anderen (*Gonatozygon*) der Anschluß an die *Zygnemaceen*, während die Gattungen *Micrasterias*, *Euastrum*, *Cosmarium*, *Arthrodesmus*, *Xanthidium* durch die Symmetrie der Form an *Tetmemorus* anschließen, dabei aber die äußerste Complication zeigen und gestaltlich wenigstens an höheren Algenformen keinen Anschluß besitzen.

Erste morphologische Anschlußreihe. Die vegetativen Zellen entstehen in einer Cylinderkette durch wiederholte Theilung. Die Kette bildet bei einigen eine Gallerthülle. Die Einzelzellen lösen sich aus der Kette und copuliren, indem jede einen kurzen Keimschlauch bildet. Die Keimschläuche verschmelzen. Die Zellinhalte vereinigen sich zur Jochspore im Joch. Diese besitzt eine dauernde erhärtende (mit *Exosporium* und *Endosporium* versehene) Membran.

Hyalotheca, EHRBG. Cylinderketten, jede Zelle mit mehreren erhabenen Ringleisten an der Cylinderwand, da wo die Querwand zwei Zellen trennt. Die Chlorophyllbänder strahlen um den Mittelpunkt gruppiert.

Bambusina, KTZG. Cylinderketten, jede Zelle tonnenförmig aufgetrieben. An diesen Stellen mit zwei Ringleisten. Die Längswand außerdem gestreift. Die Chlorophyllbänder um die geometrische Axe der Zelle in fünf bis sechs Strahlen geordnet.

Didymoprium, KTZG. Diese Gattung hat schon deutlichen morphotischen Anschluß an die *Bacillariaceen*: Gliederfäden zu zwei bis drei und mehr in einer hyalinen Gallertröhre. Nennen wir wie unten bei den *Bacillarien* die Ansicht, welche ein Zellenglied bietet, wenn es von der Seite erscheint, wenn man die Kette abmuffert, die Gürtelbandansicht (Gürtelanfsicht), den Querschnitt der Kette aber die Schalen- oder Flächenansicht, so macht sich hier schon ein auffälliger Unterschied geltend. In der Gürtelanfsicht ist das Zellenglied mehr kurz wie breit, mit einer vorspringenden Leiste, welche im Aequator der Zelle eingebuchtet ist. Die Schalenansicht ist eine Ellipse, an deren Krümmungen vom kleineren Krümmungsradius jene Leisten hervorstehen. Die Gallerthülle ist ebenfalls im Querschnitt elliptisch. Die Chlorophyllkörper sind von der Schalenansicht ab über's Kreuz, in der Gürtelanfsicht in zwei getrennten Bogen geordnet.

Desmidium, AGARDH. Kettenordnung wie vorher, mit oder ohne Gallerthülle. In der Gürtelanfsicht erscheinen die Zellen rechteckig, mehr breit als lang mit ausgebuchtem Rand, in der Schalenansicht drei- oder vierseitig, dementsprechend mit drei- beziehentlich vierstrahligen Chlorophyllplatten. Trennen sich die Zellen, so liegen sie auf der Schalen- seite und erscheinen dementsprechend als drei- oder vierseitige Täfelchen.

Zweite morphotische Anschlußreihe. *Gonatozygon* DE BARY. Sehr lange

Cylinderzellen in leicht in die Einzelzellen zerklüftende Ketten geordnet, mit centralem Chlorophyllbände. Die isolirten Einzelzellen beugen sich knieförmig, copuliren in der Kniestelle und bilden eine kuglige Spore im Joch. Anschluß an Mougeotia (f. unten bei den Zygnemaceen).

Dritte Reihe. Obere Erhebung der symmetrischen und mehrstrahligen Formen.

Diese Reihe ist wie oben im Text an den Figuren und der Zahlenreihe Fig. 28 entwicklungsgeschichtlich definirt; die vegetative Verjüngung geschieht in Ketten, aber so, daß durch intercalares Wachsthum des sehr schmalen Wandstückes zwischen beiden Hälften der vegetativen Zelle zwei neue Hälften entstehen:

1° *Cosmarium*, CORDA. Schließt sich an *Penium* der Gestalt nach an. Die vegetative Zelle Fig. 28 ist genau symmetrisch um die tiefe Einschnürung, in welcher die vegetative Verjüngung beginnt. Die Hälften sind halbkuglich oder nierenförmig ohne weitere Gliederung. Das Chlorophyll ist an mehrere strahlig gruppirte Bänder vertheilt. Zahlreiche von dieser Grundform in der Gestalt abweichende Arten.

2° *Euastrum*, EHRENB. Die vegetative Zelle ist von der Fläche von der Einschnürungsebene aus streng symmetrisch und in beiden Hälften ganz gleich gelappt. Ein Endlappen beiderseits eingebuchtet, zwei bis drei Seitenlappen. Längsdurchmesser etwa zwei bis drei mal so groß wie der Querdurchmesser. Das Chlorophyll in mehreren Bändern strahlig oder in unregelmäßigen Figuren. Der Zellkern liegt im Centrum der Figur. Die Copulation genau symmetrisch führt zu großen kugligen mit warzigem Exospor versehenen Zygosporen, welche im Joch liegen.

3° *Arthrodesmus*, EHRENB. Die Gürtelbandansicht, welche der Ebene der Theilung entspricht (streng genommen ist die Einführung dieser Bezeichnung bei der letzten Gruppe überhaupt unzulässig, da die Theilung nicht in dem Sinne der ersten morphot. Anschlußreihe erfolgt), zeigt spindel- oder mondchelförmige Zellen tief eingeschnürt. Die Schalenansicht ist elliptisch.

4° *Xanthidium* (EHRENB.), RALFS. Zellen fast kuglig tief eingeschnitten, symmetrisch mit stark vorspringenden Warzen besetzt.

5° *Micrasterias*, AGARDH. Für diese ausgezeichnete Gattung haben wir in dem nach einem Photogramm (bei etwa 400-facher Vergrößerung hergestellt) angefertigten Stich die Flächenansicht dargestellt. Das System der vegetativen Zelle läßt sich auf eine wiederholte Gabelung der Membran zurückführen. Das Plasma ist in der Figur zurückgezogen, wie dieß durch Einwirkung des Glycerin geschieht. Das Chlorophyll ist in kleineren und größeren Plasmakörpern vertheilt. Der Nucleus liegt in der Einschnürungsstelle. Denkt man sich einen Durchschnitt durch die Linie *aa'* gelegt, so erhält man die Ansicht einer schmalen Spindel mit bogig welligem Contour. Die vegetative Theilung kann an *M. rotata*, welches in Sphagneteten vorkommt, leicht studirt werden, man findet zuweilen Reihen von zehn bis zwölf Exemplaren, so wie dieß die Fig. 28 darstellt.

6° *Staurastrum*, MEYEN. Die Formen dieser Gattung sind noch complicirter gebaut, wie *Micrasterias*. In der Ebene, in welcher die tiefe Einschnürung zwischen beiden Hälften liegt, erscheinen diese als elliptische oder selbst spindelige Figuren. Im senkrechten Durchschnitt (entsprechend der Schalenansicht) sind es Dreiecke, Vierecke oder vier- bis fünfstrahlige Sterne. Einige Formen sind mit zierlichen langen Stacheln oder Warzen bedeckt. Die Jochspore ist kuglig und mit gabeltheiligen Hautvorsprüngen.

Die Volvocineen sind Schwärmcolonien aus 16 bis 64 Zellen, deren je zwei Cilien über den Rand einer quadratischen Scheibe hervorstehen, (*Gonium*); aus acht eben solchen in einer kugligen Gallerthülle (*Stephanosphæra*); zahlreiche Zellen, jede mit mehreren Cilien in einer kugligen

Gallerthülle, (Botryocystis); jede Zelle rotirt durch die Flimmerbewegung der Cilien in der Colonie¹⁾.

Bei *Volvox globator* liegen zahlreiche vegetative Zellchen in der Gallertkugel nahe an der Peripherie, so daß ihre Cilien über die Peripherie hinaus in's umgebende Wasser ragen. Eines dieser Zellchen nimmt an Größe zu, verliert die Cilien und wandert in's Innere der Kugel. Nachdem es dort sich mit einer festen Membran bekleidet hat, zerfällt es in zahlreiche Zellchen. Diese werden zu Eizellen (Keimbläschen).

Andere Randzellen derselben Kugel werden nach derselben Wanderung zu Antheridien (Monöcie). Die Spermatozoiden sind mit zwei Cilien versehen, spindelförmige Plasmafäden, sie befruchten die Keimbläschen, welche sich mit einer cuticularifirten (?) Membran umkleiden und eine sternförmig verdickte Dauerzelle darstellen.

Der geschilderte Proceß der Wanderung kann mehrmals vor sich gehen, so daß mehrere Kugeln in einander geschachtelt erscheinen. Die Volvocineen haben mit den Protococcaceen die Bildung der Schwärmsporen gemein, welche die Arten auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen.

Der Typus der Kugelcolonien von Zellen kommt von jetzt in aufsteigender Linie noch einmal bei den Gonidien der Flechten vor. Es ist schwer von den niederen Algentypen einen directen Anschluß zu finden an die Cylinderketten, während häufig der geschlechtliche Modus die Möglichkeit eines Anschlusses gewährt. Drei Verhältnisse sind in Betracht zu ziehen, um sich ein Urtheil über den Verwandtschaftsgrad zu bilden:

- 1^o Entwicklung der Form und Gliederung der fertigen festen Form;
- 2^o Sexualität, Verhalten der beiden Geschlechtsmassen;
- 3^o Verhalten der in dem Verwandtschaftskreis nach den beiden ersten Studien untergebrachten Arten zu den umgebenden Medien, zum Licht und den äußeren Ernährungsbedingungen.

Hier kommen zunächst in Betracht: Ist das Plasma Chlorophyll oder überhaupt Pigment führend, ist dieß ein fester, unwandelbarer Zug oder nicht?

¹⁾ Die Volvocineen leben schwärmend in Tümpeln und Pfützen in Gesellschaft mit den Protococcaceen; die wichtigsten Formen sind, wenn die Form der Colonien von der niederen nach der höheren geordnet wird: *Botryocystis*, KETZG., Colonie aus sphärischen Zellen in einer kugligen Gallertmembran, die Zellen eng verbunden, die Cilien der peripheren ragen durch die Gallertmembran in's umgebende Wasser. *Gonium*, MÜLLER, die Colonie besteht aus 16 Zellchen, welche in eine Ebene zu einem quadratischen Scheibchen geordnet sind. *Stephanosphaera*, COHN, die Hülle ist kuglig, in ihr befinden sich 8 mit Cilien versehene Zellen, oder nach der Theilung 8 Colonien, frei und in der Mutterhülle beweglich. *Volvox*, f. oben.

Ist die Pflanze ein Parasit, der sich einem bestimmten oder mehreren Nährpflanzen oder Nährthieren angepaßt hat oder nicht?

Mit Berücksichtigung dieser Kriterien können wir zunächst den Anschluß von den Palmelleen, Protococcaceen und Desmidiaceen nach den höheren Formenreihen auffuchen und zur Erleichterung des Ueberblickes diese Untersuchung in Schematen zusammenstellen, in welchen gerade nur die Hauptzüge der Evolution in Betracht gezogen werden.

Palmelleen haben Anschluß in der Zerklüftung bei Schizochlamys an die Bacillariaceen. Sie haben ferner Anschluß als Flechtengonidien an die Flechten. Die Flechten haben in der vegetativen Entwicklung Anschluß an die Pilze.

Protococcaceen haben Anschluß in d. Formu. Colonienbildung an die Chroococcaceen. Diese haben mit ihren Verwandten andererseits Anschluß an die Flechtengonidien. Sie haben ferner Verwandtschaft mit den Schizophyten (Bakterien). Die Bakterien, von Algen hergeleitet, haben selbst wiederum in fast allen Formen durch Anpassung an den Wirth oder die geeignete Unterlage Anschluß an die parasitären Pilze mindestens in der ernährungsphysiologischen Hinsicht.

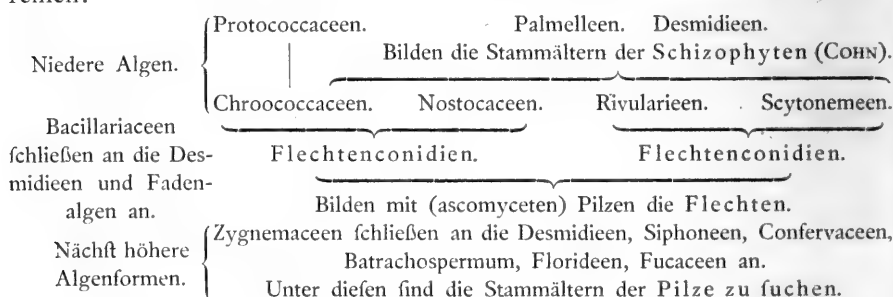
Desmidiaceen haben Anschluß in dem Act der Befruchtung an die Zygnemaceen, ferner an die Bacillariaceen durch die Copulation und die Kettenbildung. Die Bacillariaceen haben Anschluß durch den Modus des Zerklüftens der vegetativen Zellen an Oedogonium.

Soll man der Form und den histologischen Zügen nachgehen, so würden jetzt an die Desmidiaceen die Bacillariaceen anzureihen sein. Soll aber ein untergeordneter Formzug, der von Gonatozygon und Pleurotæmium herangezogen und als Hauptentscheidung die Copulation gewählt werden, so reihen sich die Zygnemaceen an, welche ihrerseits wieder vollkommen differente Wuchsform zeigen. Ein ganz allgemeiner Zug in der nächsten Erhebung der Form, so weit es sich um vegetative Theilung handelt, ist die Bildung der Cylinderfäden von Zellen, in welchen zunächst alle Zellen gleichartig sind, sodann verzweigt sich die Zellenkette, jeder Zweig bildet wiederum durch Theilung neue Zellglieder.

Abgesehen von der Complication der Wuchsformen, der Anzahl der Aeste und ihrer gegenseitigen Verflechtung können alle höheren Formen zunächst bis zu denjenigen mit Scheitelwachsthum und mit Ausschluß der Siphoneen unter den Typus der Zellengliederfäden oder der verzweigten Zellengliederfäden zurückgebracht werden. Wir rechnen hieher die Confervaceen, die Zygnemaceen, aber auch die Flechten und Pilze, und schließen aus die Siphoneen (Vaucherieen).

Die Schizophytae, COHN (Schizomycetes, NÄGELI), stehen aber jedenfalls niedriger wie die Zygnemaceen und die Algenformen, welche unter dem Namen der Confervaceen zusammengestellt wurden.

Im geschlechtlichen Leben stehen andererseits die Siphoneen (Vaucherieen) über den Schizophyten. Wir bilden daher, ehe wir eintreten in die höheren Algenformen, drei Nebenreihen. Die große Schwierigkeit, welche erwächst, ist der Umstand, daß fogleich die erste Nebenreihe in ihren wesentlichen Formzügen bei der Vermehrung und Entwicklung nicht ohne die Entwicklungsgeschichte der Hauptalgentypen einen guten Anschluß findet. Wir erhalten mit Bezugnahme auf die obige Discussion und die S. 62 namhaft gemachten drei Kriterien dieses Schema für den Anschluß der niederen Algengruppen nach den nächst höheren und den drei Nebenreihen:



Erste Nebenreihe: Schizophytae (Spaltpflanzen, COHN) Pilze, Algen; (Schizomycetes, NÄGELI) Bakterien¹⁾.

Diese niederen außerordentlich kleinen Organismen sind in der neuern Zeit erst eingehender untersucht. Sie leben meist gefellig in Colonien, welche in mehr oder weniger erhärteter Schleimmasse (Intercellularsubstanz nach COHN) eingebettet sind, oder in Häuten dieser erhärteten Masse, welche faulende, gährende Flüssigkeit oder organische Abfallsprodukte überziehen. Einige dieser Bakterien sind entschiedene Gährungs- oder Fäulnißerreger, andere inficiren die Wunden höherer Thiere, bewirken eine krankhaft verlaufende Zersetzung des Blutes und der Gewebe. Sie entwickeln sich im Labaufguß, im Moß und der Maische, im Kampf mit der Hefe u. a. m. Zum genaueren mikroskopischen

¹⁾ Dr. TH. BILLROTH, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung der Wundkrankheiten haben. Berlin. G. Reimer. 1874. Dieser Forscher rechnet alle Bakterien zu einer einzigen Art und betrachtet alle beobachteten Formen als Uebergangsstadien oder Entwicklungsformen, welche zum Theil von der Beschaffenheit des Substrates und der Ernährung abhängen. COHN dagegen stellt eine Reihe von Gattungen zusammen und will die Art nach der Form oder nach dem Wesen ihrer Gährungsregung bestimmt wissen.

Die Bakterienkeime sind jedenfalls in der Luft und in außerordentlichen Entfernungen von einander vertheilt. COHN bedient sich, um die Frage zu entscheiden, ob die in der Luft vorhandenen Keime noch keimfähig sind oder durch das Trocknen ihre Keimkraft eingebüßt haben, eines Aspirators, welcher die Luft durch cylindrische Gefäße treibt, in welchen geringe Mengen der geeigneten Nährlösung gegeben wurden. Das Resultat ist von einigem allgemeinem Interesse: bei einem Versuch, in welchem 340 Liter Luft in dieser

Studium der Bacterien tingirt man am besten die von den Flüssigkeiten abgehobenen farblosen Häute und Flocken mit einem schwachen Fernambukholzauszug. Die Bacterien schließen sich nach den Untersuchungen COHN's an die Algen an und zwar an die Gruppe der Phycchromaceen. Die Bildung des Phycochroms (bei den Schizophyten, ein rosenrothes Pigment), ist indeß nicht allen eigen, kann selbst nicht als genetischer Unterschied für den Gattungs-, beziehentlich Artbegriff benutzt werden. Gestaltlich sind die Bacterien ausgezeichnet durch die Gliederung, Spaltung in cylindrische oder sphärische Zellchen, welche reihenweise oder in Gruppen von vier, oder in Colonien geordnet sind. Bei einigen Formen bilden sich die abgegliederten Zellchen zu Dauer sporen um. Die spontane Bewegung der Colonien oder der Einzelzellen kommt nur einigen Formen zu. Mehrere Arten besitzen ein oder zwei Cilien, die Bewegung der Einzelzellen ist eine schraubenlinig.

Synopsis der Schizophytae (nach COHN)¹⁾.

Tribus I: Glæogenae. Zellen frei oder durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden. Zellen kuglig: Chroococcus, NÄG. Zellen cylindrisch: Synechococcus, NÄG.

B. Zellen im Ruhestand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

a) Die Zellmembranen mit der Intercellularsubstanz zusammenfließend.

1^o Zellen nicht phycochromhaltig, sehr klein. Zellen kuglig: Micrococcus. Zellen cylindrisch: Bacterium, DUJ.

Bacterium Termo der verbreitetste Fäulnißerreger, erträgt das Eintrocknen in der Luft und nimmt beim Befeuchten die normale Lebensthätigkeit wieder auf. Zu Culturversuchen eignet sich eine Lösung von saurem phosphorsaurem Kali 1 Th., schwefelsaure Magnesia 1 Th., neutrales weinsaures Ammoniak 2 Th., Chlorcalcium 0,1 auf 200 Th. Wasser. Diese Bacterie geräth in Kältestarre bei + 5° C., erträgt noch 45° C. und stirbt bei mehrstündiger Wirkung der Temperatur von 50° C. Die Fäulnißproceße sind von dieser Bacterie ebenso direct abhängig, wie die Alkoholgährung von der Vegetation der Hefe (EIDAM in COHN a. a. O. S. 208 ff.).

2^o Zellen phycochromhaltig größer. Zellen kuglig: Aphanocapsa, NÄG. Zellen cylindrisch: Aphanothece, NÄG.

b) Intercellularsubstanz aus in einander geschachtelten Zellhäuten gebildet. Zellen kuglig: Glæocapsa, KÖ. NÄG. Zellen cylindrisch: Glæothece, NÄG.

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

Weise gewaschen wurden, bildeten sich 35 Rafen des Penicillium- und des Aspergillusmycels; wenn, wie COHN angibt, jede solche Mycelflocke von einer Spore her stammt, so kommt nahezu auf 10 Liter Luft eine Spore. Der Mensch würde im Tage etwa 1000 Sporen durch die Athmung einführen, welche selbstredend nicht alle zur Keimung gelangen, zum großen Theil wieder ausgeathmet werden. In der Waschlösung entwickeln sich in der Regel keine Bacterien. Dieß stimmt mit den Angaben früherer Forscher, wonach die Infection durch Bacterien in der Regel nicht durch die Luft, sondern durch bacterienhaltige Flüssigkeiten erfolgt.

¹⁾ Die Verzweigung einiger der Formen ist stets eine unächte, insofern der Schein- zweig nächst höherer Ordnung ein Faden ist, welcher sich an den tragenden angelegt hat. — In der Pathologie haben in erster Linie die Milzbrandbacillen, Bacillus anthracis, Aufsehen erregt. Der Gegenstand gehört streng genommen nicht in ein Handbuch der Morphologie, daher hier nur die Literaturzusammenstellung: BOLLINGER, Zur Pathologie des Milzbrandes. München 1872. — ZIEMSEN, Handbuch der spec. Pathologie. — KOCH, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit. COHN, a. a. O. Bd. 2.

c) Zellfamilien einschichtig in eine Zellfläche gelagert.

1° Zellen quaternär geordnet in einer Ebene: *Merismopedia*, MEYEN.

2° Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert. Zellen kuglig; Familien netzförmig durchbrochen: *Clathrocystis*, HENFR. Zellen cylindrisch kreisförmig, Familien durch Furchung getheilt: *Coelosphaerium*, NÄG.

d) Zellfamilien mehrschichtig zu sphäroidischen Zellkörpern vereinigt.

1° Zellenzahl bestimmt. Zellen kuglig, quaternär geordnet, farblos: *Sarcina*, GOODS. Zellen cylindrisch, keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig: *Gomphosphæria*, KG.

2° Zellenzahl unbestimmt, sehr groß. Zellen farblos, sehr klein: *Ascococcus*, BILLROTH.

Nach den Untersuchungen COHN's bringt diese Bacterie in Lösung von weinsaurem Ammon, Butteräuregährung hervor, dabei wird die faure Reaction der Nährlösungen in alcalische umgewandelt.

Zellen polychromhaltig, größer: *Polycystis*, KG., *Coccochloris*, SPR., *Polycoccus*, KG. u. a.

Tribus II: *Nematogenae*, RAB., Zellen in Fäden geordnet.

A. Zellfäden stets unverzweigt.

a) Zellfäden frei oder verfilzt.

1° Fäden cylindrisch, farblos, undeutlich gegliedert. Fäden sehr dünn, kurz: *Bacillus*, COHN.

DAVAINE stellte zuerst durch Impfung des Blutes von milzbrandkranken Thieren auf gesunde fest, daß das Blut als Contagium wirke, da in ihm sich eine Bacterie befindet, welche der Träger der Krankheitserregung ist. Diese Bacterie, *Bacillus anthracis*, vermehrt sich im Blute der milzkranken Thiere außerordentlich rasch durch Theilung. Die neuerdings von Dr. KOCH (COHN, Bd. II. S. 277 ff.) angestellten Impfversuche ergaben, daß die geimpften Bacillen sich im Blute der Mäuse, Meerfischweichen rasch zu langen Gliederfäden vermehren, in welchen zahlreiche Sporen gebildet werden. Die Sporen keimen und bilden wieder die im Blute vorkommenden Bacillen. Die Sporenbildung ist von bestimmter Temperatur und vom Luftzutritt abhängig. Die Verschleppung der Seuche und die Infection geschieht sehr wahrscheinlich durch die Sporen und nicht durch die vegetativen Bacillen.

Fäden sehr dünn, lang: *Leptothrix*, KG. Faden starker, lang: *Beggiatoa*, TREV.

Diese Bacterie wurde in Thermalwässern gefunden, erträgt die Temperatur der Quelle in Baden (46—48° C.), bildet aus den Schwefelverbindungen Schwefelwasserstoff, scheidet kleine glänzende Körnchen in der Membran und im Zellinnern ab, welche in Schwefelkohlenstoff löslich sind, sehr wahrscheinlich krystallinischer Schwefel (COHN, a. a. O. S. 172. CHR. MÜLLER, Bern, Beschreibung der Thermen in Baden. 1870. Zehnder's Buchdruckerei S. 16 ff.).

2° Fäden cylindrisch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt: *Hypheotrix*, *Oscillaria*, BOSCH.

Diese Formen (f. *Oscillarien*) sind nach früheren Autoren in die besondere Familie der *Oscillarien* vereinigt (f. unten Zusammenstellung der Phycochromaceen und Flechtengonidien).

3° Fäden cylindrisch gegliedert, Conidien bildend. Fäden farblos: *Crenothrix*, COHN.

Crenothrix schließt sich nach den Untersuchungen COHN's jedenfalls hier an. Es ist eine in Rafen von gelber Farbe an Brunnenwänden wachsende Alge. Cylindrische oscillarienähnliche Fäden mit etwas verdicktem Ende, das Endglied des Fadens häufig beträchtlich länger wie die rückwärts belegenen. Die Vermehrung geschieht, indem sich die vegetativen Zellen vielmal theilen. Die Zellchen runden sich ab und rücken reihenweise, oft in mehreren Reihen, nach der Mündung. Diese Gonidien sind von verschiedener

Größe, Mikrogonidien in großer Zahl, Makrogonidien durch ein- bis zweimalige Theilung. Beide Formen bleiben, nachdem sie ausgestoßen sind, in Colonien an der Mündung des Fadens liegen. Die Keimung der Gonidien führt zur Bildung neuer Crenothrixfäden.

Fäden phycochromhaltig: Chamæsisphon u. a.

4° Fäden schraubenförmig ohne Phycochrom. Fäden kurz, schwach wellig: Vibrio,

EHR. Fäden kurz, spirallig starr: Spirillum, EHR. Fäden lang, spirallig flexil: Spirochæte,

EHR., phycochromhaltig. Fäden lang, spirallig flexil: Spirulina, LINK.

5° Fäden rosenkranzförmig. Fäden ohne Phycochrom: Streptococcus, BILLR. Fäden phycochromhaltig: Anabæna, BORY; Spermosira, KG. u. a.

6° Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt: Mastigothrix u. a.

b) Zellfäden durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

1° Fäden cylindrisch farblos: Myconostoc, COHN.

2° Fäden cylindrisch phycochromhaltig: Chthonoblastus, Limnochlide, KG. u. a.

3° Fäden rosenkranzförmig: Nostoc, Hormosiphon u. a.

Nostoc und Hormosiphon, von den älteren Autoren in der Familie der Nostocaceen vereinigt, vegetiren auf der Erde, große unregelmäßig lappige oder sphärische Gallertmassen (f. unten Zusammenstellung der Phycochromaceen und Flechtengonidien).

4° Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt: Rivularia, ROTH; Zonotricha, AG. u. a.

Rivularia nach den älteren Autoren zur Familie der Rivulariaceen gehörig, Wasserbewohner (f. unten a. a. O. Phycochromaceen).

B. Zellfäden durch falsche Aftbildung verzweigt.

1° Fäden cylindrisch farblos: Cladotrix, COHN, Streptothrix.

2° Fäden cylindrisch, phycochromhaltig: Calotrix, Scytonema, AG. u. a., nach den älteren Autoren zu den Scytonemaceen, einer Unterfamilie der Phycochromaceen, gerechnet (f. unten).

3° Fäden rosenkranzförmig: Merizomyria, KG., Mastigocladus, COHN.

4° Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt: Schizosiphon, KG. (Geocycclus KG. u. a.).

Die hier von COHN zusammengefaßten Algenfamilien gehören, wie schon in Noten mehrfach angedeutet, nach den älteren Autoren zu mehreren Familien, deren morphotische Züge wir unten bei Behandlung der Flechtengonidien zusammengefaßt haben.

Wenn wir die Musterung der Algenformen zusammenfassen können: Zellenkugeln oder Zellenketten mit höchster Anhäufung der Formkeime in der Einzelzelle, mit gesetzmäßiger Bildung in den höheren Formenkreisen, mit der hohen Anpassung des terminalen Wachsthum in deutliche Segmente und Scheitelzellen, deutliche Ausbildung des Grundgewebes, Adaption an die selbständige Entfaltung (Assimilation), deutlicher Anschluß nach den höheren Kryptogamen, so tritt uns in den Pilzen ein Formenkreis entgegen, der in den Hauptzügen von den Algen ganz abweicht. Alle Pilze sind Parasiten, alle adaptiven Neigungen sind hiernach bestimmt, die Formen-erhebung ist durchaus ohne Anschluß an die höheren Kryptogamen. Die Adaption in der Knospenscheitelrichtung nicht vorhanden. Zeigen die Algen die Neigung der Einzelzelle sich in morphologisch ausgeprägte, differente Theile zu gliedern, die Individualität der Zelle der Form unterzuordnen — Dauerzellen zu bilden, so zeigen die Pilze das entgegengesetzte Bestreben,

möglichste Freiheit der Einzelzelle, größte Adaption der Einzelzelle, als selbständiger Organismus aggressiv zu wirken, das Fehlen jeglicher Fächerung im vegetativen Körper.

Das Elementarorgan des vegetativen Körpers der Pilze ist die Hyphe, eine an der Spitze weiterwachsende, gegliederte, zellkernlose, chlorophylllose Cylinderzelle. Die Hyphe vermehrt das Lager durch Zweigbildung. Verwandtschaft mit den Algen. Eine Colonie von solchen Zweigsystemen ist das Mycelium.

Die Formerhebung der Hyphe trägt einen adaptiven Charakter durch die Bildung eigenthümlicher Formabweichung:

- 1^o bei der Keimung durch die Bildung von Promycelien;
- 2^o durch die Bildung von Saugzellen, welche lebende Organismen anbohren, durchwachsen (Hauftorien);
- 3^o durch die Bildung der höchsten Formen, welche dem Mycelium entsprossen, der Fruchtsände der höheren Pilze, in welchen die Hyphen in viererlei vegetative Elemente differenzirt sind: Cortical-, Medullar-, Subhymenial-, Hymenialschicht. Die letztere bringt die Propagationszellen hervor.

Der adaptive Charakter der vegetativen Theile der Pilze tritt bedeutend gegen ihre Generation zurück, welche die größte Mannigfaltigkeit bietet, die überhaupt im Pflanzenreich vorkommt.

Die innige Verschlingung der Pilzhypphen kann unter Umständen dem Gewebe den Charakter eines gefächerten Zellsystems geben (Pseudoparenchym).

Zu den allermerkwürdigsten Entdeckungen der Neuzeit gehört die Erforschung des Flechtenthallus. Die Flechten sind gallertartige oder lederartige, unregelmäßig verzweigte oder dichotome Lager von größerer Lebensdauer, langsamem Wuchse, mit ähnlichen Anpassungen an die Unterlage, mit Haft- und Klammerapparaten, Baumrinde, aber auch die nackte Erde, das härteste Urgestein, selbst Metallflächen besiedelnd.

Trägt ihr vegetativer Theil den Pilzcharakter, so entbehren sie doch der parasiten Anpassung, sie ernähren sich selbständig. Ihr Lager unterscheidet sich dadurch, daß zwischen zwei Hyphenschichten, der Cortical- und Medullarschicht, Colonien kugliger, chlorophyllhaltiger Zellen liegen, welche ganz den Charakter niederer Kugelalgen tragen und sich auch nach deren Typus theilen (Gonimonschicht).

Die Vermuthung, daß Flechten nichts Anderes seien als niedere Algen, welche von einem feindlichen Pilze überfallen wurden, war schon früher ausgesprochen, aber erst in der neueren Zeit hat man diesen Vorgang in der Keimung untersucht und viele Thatfachen zur Bestätigung der besagten Ansicht aufgefunden.

Flechten sind nach der Ansicht der neueren Forscher, f. u. a. REES, SCHWENDENER, DE BARY, demgemäß Gesellschaften von Algen und Pilzen, die nach selbständigem, durch die Association beider bedingtem Formengesetz wachsen. Die Pilzhyphe repräsentirt die Form, die Alge besorgt die Assimilation.

Die Flechten gehören zu den merkwürdigsten adaptiven Erscheinungen:

1° deswegen, weil die Spore, welche dem verbündeten Lager entspringt, in ihrer Entstehung das Gepräge des Pilzes zeigt, in dem Verlauf der Keimung aber Gonidien und Hyphen hervorbringt, mithin die Formkeime zweier Pflanzenfamilien in sich aufnimmt;

2° weil die Lebensweise des Pilzes durch die Verschmelzung dahin geändert wird, daß er nun Dauerlager hervorbringt, welche Jahrzehnte, Jahrhunderte selbständig, wenn auch langsam wachsen, größere Solidität besitzen wie die reinen, meist hinfälligen geschichteten Pilzgebilde.

Zweite (combinirte) Nebenreihe: Flechten¹⁾.

1. Orientirung.

Nach der Ansicht der Forscher, welche sich mit der Entwicklungsgeschichte der Flechten beschäftigt haben, sind dieselben Colonien von Pflanzen, welche selbständig leben, in der Weise, daß eine Algenform die Hauptprocesse der Assimilation besorgt, während ein parasitärer Pilz die vegetative Form

¹⁾ v. FLOW, *Sphaeropsis*, eine neue deutsche Flechtengattung. 65. Bot. Ztg. 47. — E. HAMPE, Ueber *Lichen esculentus*. 889. Bot. Ztg. 48. — H. ITZIGSOHN, Ueber die Antheridien und Spermatozoen der Flechten. 913. Bot. Ztg. 50. — J. v. FLOW, *Ephebe pubescens*. 73. *Chroolepus Körberi*. 76. Mikroskopische Flechtenstudien. Lichenologische Beiträge zur Flora Europæa. Bot. Ztg. 50. — Dr. J. SPEERSCHNEIDER, Zur Anatomie u. Entwicklungsgesch. der *Usnea barbata dasypoga*. Fr. 193. 209. 33. Zur Anatomie u. Entwicklungsgesch. der *Parmelia Acetabulum*. Fr. 481. 97. Anatomie der *Hagenia ciliaris*. Eischw. 593. 609. 25. Bot. Ztg. 54. Mikroskopisch-anatomische Untersuchung über *Ramalina ciliaris* Fr. und deren Varietäten *fraxinea*, *fastigiata*, *canaliculata* und *farinacea*. 345. 61. 77. Bot. Ztg. 55. — L. CIENKOVSKY, Die Pseudoconidien. S. 371. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — DE BARY, in HOFMEISTER's Handbuch d. physiolog. Botanik. — Prof. S. SCHWENDENER, Ueber die Beziehungen zwischen Algen- und Flechtenconidien. 289. Bot. Ztg. 68. Die Algentypen der Flechtenconidien. Basel 1869. Univ.-Buchdr. von C. Schultze. Erörterung zur Conidienfrage. S.-Ab. aus Flora 1872. Regensburg, Neubauer'sche Buchdruckerei. — Dr. A. FAMINTZIN u. J. BARANETZKY, Zur Entwicklungsgesch. der Gonidien- u. Zoosporenbildung der Flechten. 169. Bot. Ztg. 68. — J. BARANETZKY, Beitrag zur Kenntniß des selbständigen Lebens der Flechtengonidien. 1870. Pr. Jahrb. Bd. VII. S. 1. — GEORG WINTER, Ueber die Gattung *Sphaeromphale* u. Verwandte. Ein Beitrag zur Anatomie der Kruftenflechten. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 245. 1873. — M. TREUB, Lichenencultur. 721. Bot. Ztg. 73. — G. WINTER, Einige vorläuf. Mittheil. über die Gattung *Sordaria*. 449. 465. 481. Bot. Ztg. 73. — E. STALL, Beiträge zur Entwicklungsgesch. der Flechten. 177. Bot. Ztg. 74. — Dr. A. B. FRANK, Ueber die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Kruftenflechten. COHN, Beitr. Bd. 2. Heft 2. S. 123. Breslau 1876. J. U. Kern's Verlag.

vertritt und der Aufgabe der Propagation sich unterzieht. Der Pilz hat die Alge in sich aufgenommen, diese hat sich dem Angreifer angepaßt und ihre Selbständigkeit zum größten Theil, aber nicht ganz, aufgegeben. Wir nennen die Reihe der Flechten daher eine combinirte Nebenreihe. Aus den groben Zügen der Entwicklung und Abstammung läßt sich aber mit großer Gewißheit annehmen, daß diese aggressiven Pilze selbst wieder degenerirte Algenabkömmlinge sind. Nach S. 398, Bd. I dieses Handbuchs, läßt sich aus der Ernährungsphysiologie zeigen, daß die Pilze verhältnißmäßig spät überhaupt zu dem Formenreichthum gelangen konnten, welchen sie jetzt behaupten. Aus der nachfolgenden systematischen Zusammenstellung, sowie aus der weiter unten folgenden Entwicklungsgegeschichte und Generation erhellt dieß:

2. System der Pilze nach de Bary mit Berücksichtigung der Artenzahl, welche im rheinischen Gebiet aufgestellt und gesammelt wurden (nach Fuckel), geordnet von den niederen nach den höheren Formen.

I. Phycomycetes, DE BARY.

Zahl			Bedingung der Vegetation.
der Genera.	der Arten.		
2	53	Peronosporaei	Auf lebenden Pflanzen (Kartoffeln, Cruciferen u. a. m.).
1	1	Saprolegnei	Auf Thieren (Fliegen), Thierleichen.
6	13	Mucorini	Auf organischen Abfällen, zum Theil epiphyte Mycelien.
2	6	Chytridiei	Sämmtlich auf höheren Pflanzen, zum Theil auf Algen.
1	7	Protomyceti	» » » » » » » » » »

II. Hypodermei.

6	22	Ustilagineen	Sämmtlich in höheren Pflanzen, auf dem Blatt, Stengel, in den Blüthentheilen.
15	161	Uredineen	

III. Ascomycetes.

117	651	Pyrenomycetes	Sämmtlich auf lebenden oder abgestorbenen Pflanzentheilen.
1	3	Onygenei	
2	6	Tuberacei	
2	3	Elaphomycei	
92	417	Discomycetes	Zum großen Theil auf lebenden oder toten Pflanzentheilen.

IV. Basidiomycetes.

49	282		Zum großen Theil erdebewohnend, in humosem oder solchem Boden, welcher reich ist an organischen Zerfetzungsproducten; zum Theil aber in lebenden Baumstämmen.
----	-----	--	---

Von 1795 Arten sind mindestens 1300 Arten nur existenzfähig, wenn ihre Fortpflanzungszellen lebende oder abgestorbene Pflanzentheile, lebende Thiere oder deren Leichen zu besiedeln vermögen. Wir kommen somit zu dem Schluß, daß die Pilze späte Abkömmlinge aus dem Algenstamme sind.

Wenn überhaupt eine Speculation auf Grund der obigen Sätze der Descendenzlehre berechtigt ist, so ist es diese: die weitaus große Mehrzahl der Pilze ist an höhere Pflanzen (Thiere) angepaßt, derart, daß ihre Existenz mit dem Verschwinden dieser überhaupt unmöglich wird. Von zahlreichen Pilzen ist eine Gleichartigkeit in der Generationsfolge und geschlechtlichen Vermehrung mit den Algen erwiesen: Pilze sind späte Descendenten der Algen oder spät durch Urzeugung entstanden.

Die Flechten sind in der Bildung ihrer Propagationszellen identisch mit den Ascomyceten, ebenso in dem Bau ihres Lagers, bis auf Colonien niederer Algenzellen, welche in dem Lager wohnen und den Ascomyceten fehlen: Flechten sind associirte Colonien von niederer Algen und höheren Pilzen (Ascomyceten).

Schon oben wurde indeß darauf hingewiesen, daß die drei Kriterien: Entwicklung, fertige Form und Ernährungsverhältnisse nicht ausreichen, oder daß mindestens nicht immer die gewünschte Deckung erzielt wird, um den systematischen Zusammenhang der Formen im Sinne der jetzt herrschenden Systematik zu erzielen. Dieß wird am besten durch die parasitären Algenformen belegt, wie z. B. das von COHN neuerdings untersuchte *Chlorochytrium Lemnae*, welches mit seinen Zoosporen die Lemnapflanze besiedelt, Fig. 33. Die keimende Zoospore dringt zwischen die Epidermiszelle ein und wächst dort zum Sporangium heran.

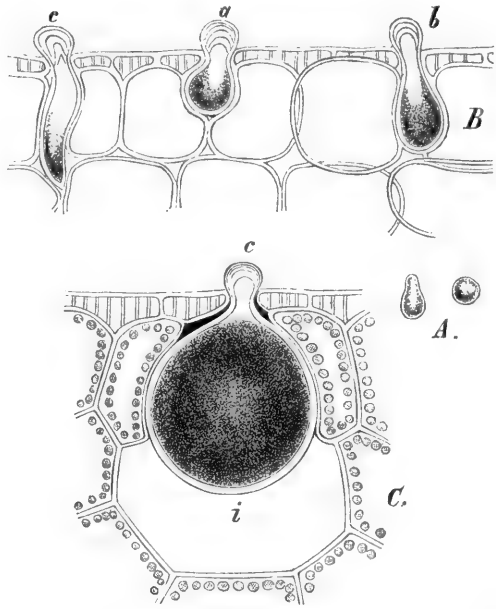


FIG. 33. *Chlorochytrium lemnae*. A Zoospore von zwei Seiten gesehen. B keimende Zoosporen, welche zwischen zwei Membranalamenten der Epidermis eindringen. a die Keimfläuche von b und c tiefer bis zu dem Intercellularraume eingedrungen. C ein ausgewachsenes *Chlorochytrium* im Intercellularraume i. Der Sporenknopf ragt in c über das Niveau der Epidermis. (F. COHN, Biologie. Beiträge, II. Heft, Ueber parasitische Algen.)

3. Lebensweise, Lichtbedürfniss, äussere Wuchsform.

Die Flechten find zum großen Theil zählebig, ertragen das äußerfte Austrocknen, schrumpfen dabei zu hornartigen unter Druck knirschenden Massen, quellen beim Befruchten bei einigen Formen bis zur Gallertconsistenz. Sie bewohnen die Baumrinde, äussere Borkenlage, siedeln sich auf Aststümpfen an, auf nackter Erde, Felsen, selbst Metallflächen. Außerordentlich anspruchslos in der Anforderung an die Bodenbeschaffenheit, insofern Bodentiefe, der Gehalt an organischen Nährkörpern in Betracht kommt, find sie dagegen entschieden lichtbedürftig.

Die Flechten bilden außerordentlich dünne Ueberzüge an nacktem Gestein, oder sie verzweigen sich zu dichotomischen größeren Lagern oder aufrechtstehenden gabelig oder dendritisch wachsenden kleinen Beständen (Sträuchern). Der Wuchs ist außerordentlich langsam, die Ordnungszahl der Auszweigungen eine beschränkte:

<i>Platysma farinacea</i>	dendritisch	dichotome	Strauchform	7—8	Ordnungen,
<i>Cladonia silvatica</i>	»	»	»	10—11	»
» <i>alpestris</i>	»	»	»	8—10	»
» <i>furcata</i>	»	»	»	5—6	»
» <i>pyxidata</i>	»	»	»	3—4	»
» <i>fimbriata</i>	»	»	»	1—2	»
» <i>polydactyla</i>	»	»	»	1—3	»
» <i>racemosa</i>	»	»	»	7—8	»
» <i>gracilis</i>	»	»	»	1—2	»
» <i>pungens</i>	»	»	»	5—6	»
<i>Evernia furfuracea</i>	»	»	»	7—9	»

4. Der Flechtenthallus¹⁾.

Das Elementarorgan des Flechtenthallus ist die Hyphe. Ein engeres oder weiteres Geflecht zahlloser Hyphen und deren Aeste bildet das Grundgewebe des Thallus. Die allgemeinen Züge der höchsten Formen sind diese: der Thallus verwebt sich durch Spitzenwachsthum der Hyphen in Richtung des Hauptzuwachses, neue Zellen entstehen am Scheitel, diese wachsen intercalär in ihrer Längsrichtung und bilden in den Gliedern wieder fleitliche Ausstülpungen, neue Hyphen, welche die Lücken in der Quer- und Tiefendimension stetig ausfüllen. So wächst das Gebilde in mannigfachen äußeren Formen: flachen Krusten, dichotomischen, laubartigen oder strauchartigen Gebilden. Die Hyphe ist stark quellbar, mit ihren Nachbarn eng

¹⁾ SCHWENDENER, in NÄGELI, Beiträge für wissenschaftl. Botanik, Bd. I (zwei Abhandl. in demselben Bande). Die Studien über den Flechtenthallus gehören, was die technischen Aufgaben angeht, welche am Mikroskop zu lösen sind, wohl zu den schwierigsten und subtilsten. Eine eingehende systematische Uebersicht der Einzelheiten ist zur Zeit noch weniger möglich als bei den Algen.

verbunden in der beiderseits, allseitig oder nur einseitig je nach den Gattungen ausgebildeten Corticalschicht, locker und bei gewissen Formen in weiten Maschen, welche Luft führen, in der Grenzzone zwischen der Cortical- und Gonimonschicht und in dem gedachten Typus *Physcia* etwa, dicker, locker und gleichmäßig verwebt in dem Markstrang (Medullarschicht)¹⁾. Da wo die Hyphen eng mit einander verschmolzen sind, findet sich eine gallertartige Grundsubstanz in den Kanten, im Raum, welcher zwischen den sich berührenden Hyphen befindlich ist²⁾. An der Spitze läßt sich an dem Hyphenast eine Scheitelzelle, durch deren Theilung vorzugsweise das Wachsthum erfolgt, von den rückwärts belegenen Gliederzellen unterscheiden. Die Glieder bilden oft beiderseits von der Querwand schnallenartig verschlungene kurze Austriebe (*Usnea*) oder es sind drei- und vierseitige Maschen zwischen diesen Trieben eingeschlossen (*Bryopogon* und *Cornicularia*)³⁾. Die Hyphen verflechten sich, wie schon angedeutet, dichter und lockerer je nach dem Orte in dem Thallus, sie schneiden sich in dieser Verflechtung unter allen möglichen Winkeln bis zum parallelen oder radial-trajectorischen Verlauf. In einigen Formen der Gewebe kann die Verflechtung und die Auflockerung zu einem Gewebe führen, welches parenchymatisch erscheint, wie das Grundgewebe bei den höheren Pflanzen (das Pseudoparenchym), stets läßt sich daselbe aber in seiner Entwicklung auf die Verflechtung der Hyphen zurückführen.

5. Die Gonimonschicht.

Zwischen der Cortical- und Medullarschicht liegen die Gonidien: Gruppen von grünen sphärischen Zellen, welche nach dem Typus der niederen Algen sich theilen. Die Typen der Gonidien sind in der beifolgenden Tabelle zusammengestellt. Man beachte dort die links verzeichneten morphotischen Züge der Algen, zur Rechten stehen die zugehörigen Flechtengattungen. In Betracht sind zu ziehen die *Chroococcaceen*, *Oscillarien*, *Rivularien*, *Scytonemeen*, *Sirosiphoneen*, *Nostocaceen*; ferner die *Chroolepideen*, *Conferven* und *Palmellaceen*. In dem Flechtenthallus stehen die Gonidien mit den Grenzhyphen in Verband, sie sitzen an kurzen Ausläufern dieser, theilen sich dort nach den drei Richtungen des Raumes zu Drillingen, Vierlingen und zahlreichen maulbeerartig verbundenen Kugelcolonien. Diese sind zwischen Medullar- und Corticalschicht zerstreut zu größeren

¹⁾ Aehnliche Structur des Geflechtes findet sich bei den Discomyceten, z. B. *Peziza*, *Patellaria*, *Genea*.

²⁾ Aehnliche Textur, gallertartige Verschmelzung bei *Chondrus*, *Fucus* für die Algen.

³⁾ Intercalare Sprossungen von Zellenästen bei *Fucus vesiculosus* (f. REINKE, Beitrag zur Kenntniß der Fucaceen, Pr. Jahrb. Bd. X).

oder kleineren Lagern. Die Gonidien wandern nach den fortwachsenden Thallusenden und neuentstehenden Seitenzweigen, ja sie vermögen unter Umständen das Lager ganz zu verlassen, um außerhalb desselben an Baumwunden, Astabschnitten, feuchten Wänden ein selbständiges Leben zu führen.

Die wandernden Gonidien werden an den Schnittflächen aufgeasteter Bäume von den Mycelien der Ascomyceten gelegentlich wieder eingefangen. Auf einer solchen Fläche siedeln sich sehr bald Sporen dieser Pilze an, welche keimen, einen Theil der Keimschläuche in die geöffneten Holzfasern fenden; ein anderer Theil umspinnt und tritt in directen Verband mit den in Colonien lebenden, in allen Zuständen der Theilung befindlichen freien Flechtengonidien, so entsteht der junge Flechtenthallus oder mindestens ein Gebilde, welches in seiner Structur- und Wuchsform fast identisch ist mit dem wirklichen alten Flechtenthallus.

FAMINTZIN und BARANETZKY¹⁾ beobachteten das Austreten von Zoosporen aus den Gonidien von *Physcia ciliaris*. Die kugligen Gonidien dieser Flechte theilten sich (in geeigneter Cultur) in mehrere nackte grüne Plasmamassen, die ganze Colonie schlüpft in der Blase, welche der Wandschicht des Protoplasma entspricht, aus der Membran der Gonidie. Die beweglichen, mit zwei Cilien versehenen Zoosporen verlassen schwärmend die Mutterblase.

6. Zusammenstellung der Phycochromaceen, Confervaceen, Chroolepideen, Palmellaceen mit den Gonidienformen der Flechten²⁾ einerseits und den von Cohn systematisch geordneten Schizophyten andererseits.

Algen.

Phycochromaceen.

I. Chroococcaceen, einzellige Algen, welche sich theilen in Ketten oder in Kugelquadranten.

Der plasmatische Zellinhalt ist spangrün gefärbt, ohne geformte Farbekörper. Die Zellen bilden Colonien in einer mehr oder weniger festen Schleimmasse. Die Wand der Zellen ist häufig gequollen und geschichtet. Die Theilungen sind in den Colonien häufig kenntlich an den Schichtenconvoluten, welche ineinander geschachtelt sind. Die Theilungen geschehen nach den drei Richtungen des Raumes:

Flechten.

Hierher sind alle Flechten mit geschichtetem Thallus zu rechnen, deren Gonimonschicht aus Colonien von kugligen Gonidien besteht. Es kommen als Gonidienbildner namentlich die Glæocapsen, Chroococcus in Betracht. Die Flechtengattungen, an welchen das Eindringen von Mycelien in Glæocapsen beobachtet, sind:

Omphalaria und *Enchylium*, für *Chroococcus* stimmt vorzugsweise die Flechtengattung *Phyllicium*.

¹⁾ *Changement des gonides en zoospores. Ann. d. scienc. Bd. 8. Sér. V.*

²⁾ SCHWENDENER zieht aber außer den amphibisch oder nur die Erde bewohnenden Phycochromaceen noch einige Conferven, Chroolepideen und Palmellaceen als Gonidienbildner für die Flechten herein. S. Näheres a. a. O., S. 35 ff.

1° *Chroococcus*, Zellen einzeln oder in Viertheilung, in kleinen Familien im Wasser.

2° *Gloeocapsa*, Zellen zu zwei und mehr und einzeln mit geschichteten Convoluten in formlosen Gallertmassen.

3° *Aphanocapsa*, in formlosen Gallertmassen, die Schichtenconvolute nicht kenntlich.

4° *Microcystis*, zahlreiche Zellen in Gallertkugeln, viele solcher Kugeln in Colonien vereinigt.

II. Die *Oscillarieen* sind unverzweigte Cylinderfäden mit engen Gliedern. Die Cylinderfäden sind gerade oder krummlinig oder schraubig gewunden. Ausgezeichnet sind sie durch ihre Bewegung, deren Theorie bis jetzt nicht bekannt ist. Die Fäden gleiten aneinander vorbei, hin und her, oder beschreiben schraubenlinige Bahnen. Auffällige Formen sind: *Spirulina*, spiralgewundene Fäden, *Hyphoetrix*, *Oscillaria*, Cylinderfäden, das Pigment in den Zellen an der Cylinderwand abgelagert. Zu auffälligen histologischen Zügen gehört die Ausbildung von Scheiden, in welchen ein einziger Cylinderfaden (*Lyngbya Symploca*) oder selbst mehrere solcher (*Chthonoplastus*) enthalten sind. Das Pigment (*Phycochrome*) ist schmutziggrün oder metallgrün, spangrün. Die *Oscillarieen* leben gesellig in stagnirenden und fließenden Wassern; in flache Gefäße ausgebreitet, kriechen sie nach dem Rand und bilden einen dünnen Fadenüberzug.

Die vegetative Vermehrung geschieht, indem sich Zellengruppen aus dem Faden lösen, wobei eine hyaline Cylinderhülle zurückbleibt. Schüttelt man *Phormidium*fäden in Wasser, bis die Fäden in ganz feine Bruchstücke zerbrochen sind, gießt den so erhaltenen Schlamm in flache Gefäße, so entstehen schon nach wenig Tagen große Rasen von neuen Pflanzen. Bildung von Makro- und Mikrogonidien, f. Anm. unter *Schizophytae*.

III. *Rivularien*. Der vegetative Körper ist eine unverzweigte Zellenkette, welche von der Wurzelstelle allmählich sich verjüngt bis zu peitschenartigen Endzellen. Die Basalzellen elliptisch. Nach der Spitze der Fäden quillt die hyaline Membran zu geschichteten Gallertthüllen. Sporenzellen mit derber Membran entstehen aus den basilaren vegetativen

Flechtengonidien nicht bekannt, sämtliche Formen von COHN zu den Schizophyten gestellt (f. oben S. 67); zu den symbiotischen Vorgängen gehört das Befiedeln der luftführenden Interzellularräume vieler Wasserpflanzen, so namentlich *Lemna* durch *Oscillarien*, dieselben dringen auch in die Marchantienlager durch die Spaltöffnung, in die Schläuche der *Utricularien* u. a. m.

Hierher rechnet SCHWENDENER die Flechtengattungen: *Thamnidium*, *Lichina* und *Racoblenna*.

Die zugehörigen Algentypen sind auf *Maithothrix* und *Amphitrix* für die Flechte *Thamnidium* zu beziehen, der Thallus dieser Flechte wird fast von den *Rivularien* beherrscht, es finden sich dort

Zellchen. In Colonien und Rafen, in Pfützen, auf Steinen, Mauern, Rinde der Bäume u. f. f. Gloiotricha, Rivularia, Limnactis, Dasyactis, Mastigothrix, Schizosiphon, Amphithrix.

IV. Scytonemeen und Siroisiphonaceen. Diese Algen bilden Cylinderketten von Zellen, welche in eine mehr oder weniger erhärtete Gallertröhre eingeschlossen sind; von hervorragendem histologischem Interesse sind diese Gallerthüllen bei Arthrosiphon, von jeder der Gliederzellen lösen sich geschichtete Gallert-hüllen als nach der basiscopen Wand verengte Trichter. Die Scytonemeen wachsen durch wiederholte Theilung der Zellen und bilden Scheinäste; diese entstehen, indem ein Theil des Fadens, welcher von dem andern durch ein ruhendes Zellenglied getrennt ist, sich löst und nach außen schiebt, so entstehen knieförmig gebogene, von der Hauptwachstumsrichtung abweichende Zweiglein, welche bei einigen Gattungen zu einem Lager verklebt bleiben. Propagationszellen bilden sich durch Theilung der vegetativen Zellen, sie liegen in einer oder mehreren Reihen perlchnurartig und erhalten eine derbe Membran, so bei Siroisiphon, Hapalosiphon, Drilosiphon, Scytonema, Arthrosiphon, Tolypothrix, Symphyosiphon, Schizothrix. Die Scytonemeen besiedeln nasse Wände an Treibhäufern, in stagnirendem Wasser felten schwimmend oder fluthend, feuchten Heideboden u. a. m.

V. Nostocaceen, Schleimalgen, diese Pflanzen sind auf feuchter Erde, im Walde und auf Hut- und Culturflächen allgemein verbreitete Algen. Sie stellen kleine sphärische oder bis 5—10 cm große lappige, unregelmäßig gefaltete Gallertmassen von schmutzigrüner Farbe dar. Die Farbe ist an die Gonidienzellen, homogen im Plasma verteilt, gebunden. Die Gonidien liegen in Zellketten, die Einzelzellen sind kugelig, perlchnurartig aneinander gereiht. Die Ketten sind immer in großen Abständen, indeß mannigfach ineinander verschlungen. Im mikroskopischen Durchschnitt erscheint die Gallerthülle structurlos ohne Schichten und Streifen, die Vermehrung der Gonidien geschieht durch Theilung. Die Propagation wird durch ruhende Sporen vermittelt, welche größer als die

auch die gebräunten Gallertscheiden. Für Racoblenna sind die Gonidien auf Schizosiphon und Scytonema zu beziehen.

Die Flechtengattungen, welche auf Scytonemagonidien zurückgeführt werden, sind: Heppia, Porocyphus.

Hierher rechnet SCHWENDENER Collema, Lempholemma, Leptogium Pannaria. Die Gonidienformen sind bei den Flechten der Gattung Collema identisch mit den Nostocgonidien, so daß ein mikroskopischer Unterschied nicht erweislich ist. Flechtengonidien können nur solche Nostocaceen werden, welche auf feuchter Erde, an Felsen u. f. f. leben, dem Pilz überhaupt zugänglich sind. Alle im Wasser lebenden Formen dieser Algen, wie Anabæna, Spermosira, Sphaeroziga sind gegen die Pilzeindringlinge geschützt. SCHWENDENER weist schon durch Beobachtungen vom Jahre 1869 (veröffentlicht) nach, daß die Nostoccolonien durch das Eindringen von Pilzhyphen in Collema-lager verwandelt werden. REES veröffent-

vegetativen Zellen aus diesen entstanden sind. Die Nostocpflanzen werden außerdem gelegentlich von Ascomyceten angebohrt, das Mycel dieser Pilze durchwuchert die Schleimmasse und bringt gelegentlich auch die Ascosporenlager hervor:

Nostoc, *Cylindrospermum*, *Hormosiphon*, *Sphaeroziga*, *Anabaena*.

licht eine genaue Entwicklungsgechichte der Keimung von Collemasporen, welche auf Nostoc ausgefät waren. (Ueber die Entstehung der Flechte *Collema glaucescens* HOFFM., aus dem Monatsber. d. Königl. Ak. d. Wiss. Berlin. Okt. 1870.) Die auf Nostoc ausgefäten mehrzelligen Collemasporen keimen unter geeigneten Umfänden. Der Keimfchlauch einer der Sporenzellen bohrt sich in die Gallerthülle, verzweigt sich unmittelbar an der Stelle, wo er eingedrungen ist, zu einem Hyphenbüschel, dessen Zweige zwischen den Gonidienketten des Nostoc hinwuchern. Die anderen Sporenzellen bilden Hyphenäste, welche die Colonie von außen einhüllen. Die Nostoccolonie erhält endlich ganz die Beschaffenheit des Collemathallus, es wachsen Wurzelfäden aus dem Hyphengeflecht, welche den Thallus an der Unterlage befestigen. Genau dieselben Vorgänge beobachtete REES an Nostoccolonien, welche im Freien in der Nähe der Collemalager wuchsen.

7. Verzweigung des Flechtenthallus.

Hier sind zu unterscheiden die wahren Dichotomien oder Gabelungen in der Spitze des Thalluszweiges von den Seitenzweiglein, welche aus der Gonimonschicht in adventiver Weise hervorsprossen, Soredialäste und endlich die Adventiväste, welche aus der Rindenschicht entspringen. Bei der Dichotomie scheiteln sich die Zuwachshyphen nach zwei unter spitzem Winkel divergirenden Richtungen in dem Maß wie der Zuwachs erfolgt. Bei der weiteren Differenzirung erscheinen alle Gewebe gabelig getheilt bis zu den Medullarsträngen¹⁾. Beide Zweige wachsen nun durch Spitzengewachsthum weiter. Die Soredien entstehen als kleine Schuppen in der Gonimonschicht. Die Fasern weben dort eine Colonie der Gonidien ein. Die ganze Sprossung durchbricht die Corticalschicht als ein kleines Thalluschüppchen.

Die Soredien werden als staubige oder schuppige Masse am Thallusrand abgeschieden. Das Soredium kann im einfachsten Falle aus einer einzigen Conidienzelle, welche in vermehrungsfähige Hyphen gehüllt ist, bestehen. Die Soredien können zu selbständigen Thalluspflanzen heranwachsen, entsprechen somit vegetativen Vermehrungsorganen. In der Natur

¹⁾ Die Einzelheiten bei den verschiedenen Gattungen sind in der Systematik der Flechten abzuhandeln, s. SCHWENDENER a. a. O. S. 134 ff.

geschieht die Verpflanzung der Flechten jedenfalls häufiger durch das Verwehen und Anfliegen der Soredien als durch die Keimung der Sporen.

Die Soredialäste entstehen dadurch, daß nachdem die Rinde des erzeugenden Astes durchbrochen ist, die Hyphen des Soredium mit dem erzeugenden Aste nachträglich verschmelzen, von den Medullarfasern des Soredium selbst wird ein Büschel solcher in das Mark des tragenden Astes gefandt, welches dort strahlig verläuft. Der Soredialast ist gewissermaßen eine Brutknospe, welche zuerst ausgestoßen wird, nachträglich aber auf dem sie erzeugenden Thallus gelegentlich wurzelt.

Die Adventiväste endlich entstehen weit unter der Thallusspitze, indem sowohl die Cortical- als auch die Gonimonschicht in den Sproß formbildend eintreten. Der Adventivast steht aber mindestens im Beginn der Sprossung außer Zusammenhang mit dem Medullargewebe des tragenden Sproßes.

8. Sporenbildung (das Apothecium).

Bei der Bildung der Sporenlager (Apothecien) kommt in morphotischer Hinsicht der Pilz (in der Flechte) zum vollen Ausdruck. Das Apothecium ist eine dem Thallus entspringende tellerförmige Knospe. In der jüngsten Anlage halbkugelig entspringt das Apothecium unter der Rindenschicht und differenzirt sich zuletzt so, daß die Ränder des Tellerchens (Discus) sich nach außen umschlagen. In der Tellerfläche stehen die Asci, keulen- oder cylinderförmige Schläuche, welche einem engen unterliegenden Hyphengeflecht entsprossen. Bei einem Durchschnitt senkrecht zur Ebene des Discus findet man unter der Schicht der Asci das Medullargewebe, welches bis zum Rand des Tellers sich erstreckt; dieser besteht aus den engeren Rindenhyphen, zwischen beiden und je nach den Gattungen in dem Medullargewebe des Apothecium liegen die Gonimongruppen. Im Ascus entstehen die Sporen zu vier oder acht durch freie Zellbildung. Die Sporen sind ein- und mehrzellig, werden zur Zeit der Reife durch die Quellung an der Spitze des Ascus ausgestoßen¹⁾. Neben den Ascis finden sich gegliederte, mit denselben parallel stehende Zellenfäden, die Apophyten.

In der Systematik der Flechten kommen die äußeren Verhältnisse der Lagerung des Thallus, seine Textur, Verzweigung, Lebensweise, aber auch

¹⁾ Dieses Ausstoßen der Sporen durch plötzliche Quellung der Membran des Ascus wurde auch bei den Ascomyceten beobachtet. Bei *Sphaeria scirpi* verläuft das Phänomen sogar rhythmisch. Durch die Quellung wird eine Spore in die Mündung des Ascus gebracht und durch den steigenden Quellungsdruck plötzlich hinausgestoßen, die Oeffnung schließt sich um ein Kleines, der Druck wächst wieder, eine zweite Spore wird gegen die elastische Mündung gepreßt und hinausgestoßen u. s. f., bis alle acht Sporen entlassen sind. PRINGSH. Jahrb. Bd. I.

die innere Gliederung, (nach den Untersuchungen SCHWENDENER's in der neuen Zeit) die Beschaffenheit der Apothecien und Sporen gleichmäßig in Betracht¹⁾. Legen wir die streng wissenschaftliche Untersuchung SCHWENDENER's mit Bezugnahme auf die Zusammenstellung der Flechtengonidien oben zu Grunde, so erhalten wir in dem Folgenden die Hauptzüge der Gruppen. Eine vollständig abgeschlossene Keimungs- und Entwicklungsgeschichte ist bis jetzt nicht vorhanden, wiewohl die ersten Keimphasen der Sporen bekannt sind. Die Sporen keimen mit einem oder mehreren Keimschläuchen, deren Pilzcharakter unzweifelhaft ist. An Flechtenanflügen auf glatten Baumrinden der Graphideen ist der Thallus zuerst frei von Gonidien.

9. Systematische Uebersicht.

I. Untere Stufe: Gallertflechten²⁾.

Lichenes homöomerici.

Das Lager eine homogene Gallertmasse ähnlich dem Nostocaceenlager (f. oben S. 76).

Ephebaceen, diese interessanteste Flechtenfamilie zerfällt in zwei Unterfamilien (SCHWENDENER a. a. O. S. 152): die Ephebeen und Cœnogonien. Der gemeinsame Zug ist: die Spitze besteht aus einer einzigen Conidienreihe, welche von Fasern umschlossen ist. Die Gonidienreihe wächst durch selbständige Theilung ihrer Scheitelzelle.

Ephebeen, älterer Thallus, ein interstitienloses Gewebe mit eingebetteten Gonidien in rundlichen Gruppen. Haardünne Thallusfasern. Der Thallus ist rindenlos, die Gonidien vorzugsweise im peripheren Theil.

Ephebe ist angiocarp an Felsen im Hochgebirg, Spilonema, Gonionema sind gymnocarp.

Cœnogonium, der Thallus besteht während seiner ganzen Dauer aus einer einzigen confervenartigen Gonidienreihe, welche von Flechtenhyphen umspinnen ist. Der Thallus ist zu einem lockeren fächerförmigen Filzgewebe verwebt, Cœnogonium.

Collemaceen, diese sogenannten Gallertflechten haben directen Anschluß an die Algen Nostocaceen (f. oben S. 76), SCHWENDENER theilt die hierher gehörigen Formen in drei Unterfamilien. Allen gemeinsam ist die gallertige Grundsubstanz des Thallus, in welcher die Zellen meist mit kaum wahrnehmbaren Membrancontouren verschmolzen sind. Die Gonidien in vielgliedrigen, um die Mittelebene gleichmäßig vertheilten Zellenketten, rosenkranzförmig.

1^o Leptogieen, Thallus beiderseits berindet, Rinde parenchymatisch, Gonidien mit Grenzzellen. Gymnocarpe Formen: Leptogium, Thallus unterseits platt; Mallotium, Thallus unterseits filzig.

1) Die Aufgabe auf noch feinere Einzelheiten der Gattung einzugehen liegt jenseits des hier umfleckten Gebietes.

2) Eine Stufe tiefer noch stehen die Flechtenformen *Cystocoleus* und *Cœnogonium*; die ganze Pflanze dieser Gattungen besteht aus confervenartigen gegliederten Fäden, welche ganz in dem Sinne der Cladophoren wachsen, aber von einer Hülle von Hyphen umzogen sind. Wachsen die Cladophoren an der Spitze weiter, so werden sie jeweilig weiter von den Hyphen eingesponnen. VI. Typus der Flechtengonidien, SCHWENDENER a. a. O. 35. DE BARY, Morph. d. Pilze, Flechten u. f. f. S. 270. Die zwei Formen gehören zu den Lich. homöomerici der Systematiker.

2° Collemeen, Thallus vollständig rindenlos, Gonidienketten mit Grenzzellen; Collema, Synechoblastus.

3° Arnoldieen, Thallus wie vorher, Gonidien mit Copulationszellen, bisweilen auch mit Grenzzellen; Arnoldia, Lempholemma.

4° Omphalarieen, Thallus beiderseits rindenlos, Gonidien in sphärischen Gruppen mit dichotomisch verzweigten Stielen, sonst wie bei den Collemeen. Gymnocarpe: Omphalaria, Enchylium; angiocarpe: Phylliscum.

II. Uebergangsstufe nach dem geschichteten Thallus.

Pannariaceen, diese Krustenflechten bilden einen schuppigen Thallus mit flachen Dichotomien. Die einzelnen Auszweigungen wenige Millimeter bis Centimeter groß, der Unterlage, Rinde, Erde dicht anliegend mit dachiger Deckung der Thalluszweige. Apothecie über dem Lager, vom Thallusrand eingefaßt, braun bis 4 mm im Scheibendurchmesser, acht einzellige Sporen im Ascus. Die anatomische Untersuchung zeigt die laubartigen Lager allseitig umrindet. Bei den krustenartigen durchgehends interstitienlos. Gonidien blaugrün, öfters in scheinbaren Ketten gruppiert. Sie bilden auf der Lichtseite des Thallus eine breite, meist weit über die Mittellinie vorspringende Zone. Unterseite des Lagers mit oder ohne Hypothallus, je nach den Gattungen: Pannaria, Micaræa, Lecothecium, Racoblenna, Pterigium, Heppia, Lichina (s. oben Zusammenstellung der Phycchromaceen und Flechtengonidien).

Für die ersten fünf Gattungen ist zu beachten, daß sie gymnocarp mit laub- oder krustenartigem Thallus versehen sind. Zu den angiocarpen gehört Lichina. Die vorstehende Gruppe bildet den Uebergang von den Gallertflechten nach der oberen Formstufe.

III. Obere Stufe: geschichteter Thallus.

Lichenes heteromerici. Lichenes gymnocarpi.

Placodieen, Thallus krustenartig, dicht anliegend an Steinen, Rinden, Unterseite des Lagers mit schwammigem Hypothallus. Obere Rinde kurzzeitig fibrös, untere Rinde entweder wie die obere, oder aus einem verworrenen Fafergeflecht von geringer Dicke bestehend, welches sich nicht deutlich vom Marke abhebt. Gonidien gelbgrün.

Placidium (Psoroma, Asci mit acht Sporen), Asci acht- bis vielporig.

Lichenes angiocarpi.

Endocarpeen, Ordn. VI. (Thallopsora, Lich. angiocarpi), die Blätter des Thallus decken sich. Thallus beiderseits berindet, ein- oder mehrblätterig, flach, unterseits mit einer Haftscheibe festsetzend. Hypothallus fehlt. Gonidien gelbgrün, selten blaugrün. Apothecien tief im Thallus eingesenkt, nach der Atmosphäre durch einen Porus geöffnet, erscheinen als schwarze Punkte, welche von den hier häufig vorkommenden Spermogonien nicht unterschieden werden können.

Endocarpon, Thallus laubartig, Rinde parenchymatisch mit senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen. Sporen einzellig.

Endopyrenium, Thallus oben und unten berindet, unterseits filzig, krustenartig, ohne Haftscheibe. Gonidien gelbgrün.

Endopyrenium, Catopyrenium, obere Rinde parenchymatisch mit senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen, untere Rinde parenchymatisch oder fibrös, Mark zuweilen parenchymatisch.

Placidium, Lenormandia, obere Rinde parenchymatisch, ohne ausgesprochene Reihenbildung, farblos. Untere Rinde nur stellenweise entwickelt und dann fibrös, mit engen Zellhöhlen und vorwiegend longitudinalem Faerverlauf.

Lichenes gymnocarpi.

Umbilicarieen, Thallus in kreisförmigen flachen Scheiben mit concaven Höhlen von der Textur verkohlter organischer Massen, brüchig, mit undeutlichen Dichotomieen am Rande, oben und unten berindet, mit einer Haftscheibe feststehend, unterseits nackt oder mit Haftsafeln. Gonidien gelbgrün. Apothecien schüsselförmig. Asci 1—2sporig, bei *Gyrophora* 6—8 Sporen. *Umbilicaria*, *Gyrophora*.

Parmeliaceen, dichte, breitlappige, unregelmäßig dichotome Lager, welche mehrschichtig sind, oft breitstrahlig dichotom und gewimpert. Der Thallus allseitig berindet, auf der unteren Seite mit einzelnen Fasern, Hypothallus, oder mit soliden Fasersträngen (Haftsafeln). Auf Rinden und der nackten Erde, an Bretterwänden. Apothecien über dem Lager flach vom Thallus berandet. Gonidien gelbgrün, Lager unten mit Haftsafeln.

Xanthoria 8 zweizellige Sporen, *Physcia* ebenso *Parmelia* Asci 2—4 Sporen und solche mit 8 Sporen.

Sticten, flacher unregelmäßig lappiger großer Thallus, Durchmesser der flachen Lappen 3—4 cm, Durchmesser des Lagers bis $\frac{1}{3}$ m, bei einigen mit netzartig configurirten Vorsprüngen, innerhalb deren Maschen der Thallus concav gewölbt ist (*Cyphellen*), Thallus allseitig berindet, Unterseite mit Haftsafeln, Gonidien blaugrün oder gelbgrün. (*Stictina*, Gonidien blaugrün in Gruppen mit gemeinsamer Hülle. *Ricasolia*, Gonidien gelbgrün, kuglig ohne gemeinsame Hülle.)

Sticta, Rindenschicht parenchymatisch oder fibrös, Lagerunterseite mit *Cyphellen* oder weißen Flecken, Sporen 2—4zellig, spindelförmig zu acht in einem Ascus.

Nephroma, anatomisch im Thallus nicht von *Sticta* unterschieden.

Peltigeraceen (*Peltideaceen*), flach oder muschelförmig, im trockenen Zustande knirschende Lager, Apothecien anfänglich geschlossen, schildförmig, später geöffnet an den Enden der Thalluslappen, wachsen an der Erde, an Rinden, Strohdächern u. s. f. Die anatomische Structur zeigt den Thallus nur auf der oberen Seite berindet, Lagerunterseite mit lockern Faserbündeln, Gonidien blaugrün.

Solorina, Rinde parenchymatisch mit senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen, unterseits ist sie in den blasigen Auftreibungen unterbrochen, die Unterseite ist aber da, wo die Apothecien auf dem Thallus zerstreut sitzen, berindet. Die Asci enthalten vier und acht zweizellige Sporen.

Peltigera, Thallus lappig, lederig, häufig horizontal ausgebreitet, mit aufstrebenden Lappen, Rinde des Thallus parenchymatisch, Gonidien nur auf der oberen Seite des Markes, Unterseite unberindet, Apothecien schildförmig an den Thallusenden 2—8 mm im Durchmesser, tiefbraun, Sporen vierzellig, Kette spindelg.

Podetiopsorae.

Die Podetien sind 3—4 cm große senkrecht zum Lager und meist in die Lothlinie orientirte hohle oder solide Thalluszweige von Cylinderform, dichotomisch unregelmäßig verzweigt, oder tütenförmig. Sie tragen die angiocarpen Apothecien.

Lichenes angiocarpi.

Sphaerophoreen, Thallus stielrund, jüngere Rinde aus Fasern, welche senkrecht zur Thallusfläche verlaufen, zusammengesetzt. Mark dichtfilzig ohne solide Stränge, mit vorherrschend longitudinalem Faserverlauf, acht einzellige Sporen. *Roccella*, *Thamniola*.

Lichenes gymnocarpi.

Cladoniaceen, diese Flechten bilden einen flächenförmigen Thallus (Protothallus), von welchem aus sich cylindrische, vielfach verzweigte, meist in's Loth orientirte Thallus-

stämme (Podetien) erheben, welche zum Theil im Inneren hohl, zum Theil solid sind, sich an den Enden schüsself- oder tütenartig oder dichotomisch verbreitern, sie tragen die eingesenkten Apothecien, welche meist durch auffällige Pigmente (gelb, roth) kenntlich sind, Sporen zwei- bis vier-, vielzellig (di-, tetra-, pleioblastisch). *Stereocaulon*, *Cladonia* (Lichina).

Fasern verworren, verflochten oder in vorherrschend orthogonal trajectorischem Verlauf gegen die Oberfläche.

Ramalineen, Sphærophoreen, Cladoniaceen.

Ramalineen (Aftflechten), wachsen in dichotomisch verzweigten, dichten oder lockeren Rafen von großem, bis 10 cm starkem Durchmesser.

Cetraria, Thallus kántig, rundlich oder laubartig, Mark locker, Rinde aus unregelmäßig verfilzten Fasern zusammengesetzt, Apothecien sitzend, flach, kreisförmig, 8 Sporen einzellig, Spermogonien in den Adventivästen. *Ramalina*, *Bryopogon*.

Fasern der Thallusenden unter sich und mit der Thallusaxe parallel.

Usneaceen.

Usneaceen, *Usnea*, HOFFM., Wuchsform bis fußlange Thallusfäden reichlich verzweigt. Bei *Usnea* 3—4 mm breite, sitzende oder kurz gestielte, end- oder seitenständige Apothecien, der Thallus stielrund. Rinde in der Nähe der Spitze parallelfaserig, weiter unten ein unregelmäßiges Filzgewebe, Markfaserverlauf vorzugsweise parallelinig, Soredialäste vorhanden. Im Ascus 8 einzellige Sporen, etwa 4 Species. Auf der Borke der Bäume *Cornicularia*, ACH., Thallus stielrund, Rinde parallelfaserig, Mark lockerfilzig.

In dichten braunen Rafen wenige Centimeter hoch auf dem Boden, an Waldbäumen, feuchten Holzwänden u. a. m. *Bryopogon*.

IV. Flechten mit zum Theil endöphytem Thallus.

(Gonidientypus der Chroolepideen¹⁾ und Palmellaceen.)

Nach dem System der Lichenologen sind die von SCHWENDENER und DE BARY hiehergezogenen Flechtenfamilien (nämlich Graphideen, Verrucarieen und *Rocella*) in dieser Weise unterzuordnen:

I. Hauptgruppe: *Lichenes anomali*, Ordo II, *Phycosporae*, *Gymnocarpi*, Fam. *Arthoniceen*, *Opegraphen* (Graphideen).

II. Hauptgruppe: *Lichenes heteromerici* (s. oben S. 80), Ordo *Cryosporae*, *Angiocarpi*: *Verrucaria*.

Die Gonidien dieser Flechten werden zurückgeführt auf *Chroolepus*arten, Algen, welche feuchte Mauern, Baumrinde, Aftstümpfe u. dergl. m. besiedeln. Die Gonidienform ist charakteristisch durch die mehr oder weniger regelmäßigen Cylinderketten chlorophyllführender Zellen, welche mit der Scheitelzelle wachsen, gelegentlich aus den tonnenförmigen angeschwollenen Gliedern Seitenzweige bilden. Beobachtet sind diese bei den stein- und rindebewohnenden *Graphis*- und *Arthonia*arten, auch bei *Opegrapha*.

An den Standorten der genannten Flechten findet man alle Zustände der Verbindung mit den Hyphen und auch freie Gonidien. DE BARY beobachtete schon *chroolepus*artige Zellketten mit einem sphärischen, gelben oder braunen Pigmentkörper in jeder Zelle. Die rindebewohnenden *Opegraphen* (Graphideen) spinnen ihren Thallus sowohl auf der Außen-

¹⁾ Ist der Typus VII nach SCHWENDENER a. a. O. S. 36. Zur Literatur s. DE BARY a. a. O. S. 260, FRANK, Ueber die biologischen Verhältnisse einiger Krustenflechten, COHN, Beiträge II, S. 123 ff.

seite als auch unter den ersten Peridermlagen. Der Thallus, oder richtiger das Hyphengeflecht, von welchem aus die Apothecien entspringen, ist aber immer unter den äußeren Peridermlagen ein unterrindiger (Th. hypophloeodes), die Apothecien durchbrechen diese und erscheinen als zierliche Vorsprünge von minimaler Erhebung und schwarzer oder tiefbrauner Farbe, bei *Graphis scripta* in zierlichen 2—3 mm langen bis $\frac{1}{8}$ mm breiten Schriftzügen, bei *Arthonia* als kleine mehr oder weniger regelmäßige, schmale Streifen. Zahllose solche Streifen stehen in Distanzen von 1—3 mm. Für die genannten Rindebewohner kommen die Peridermen der Eiche, Esche, Buche, Hainbuche, der Fichte und Kiefern, letztere nur vor der Borkebildung, in Betracht. Der Thallus lockert selbst das Periderm mit einer Dicke von 3—4 Zellenlagen zu schuppenförmigen Lappen auf, bei *Opegrapha dendritica*.

Mit Sicherheit ist erwiesen, daß die Hyphen, welche dem *Graphis*-, *Arthonialager* angehören, die Wände des Periderm durchbohren, also resorbierend wirken, wie das Mycel der endophyten Pilze.

Bei *Arthonia vulgaris*, SCHÆR, entsteht das Lager auf Eschen und glatten Eichenrinden zuerst ohne die Gonidien, es breitet sich flach und dicht anliegend aus. Es dringen auch Hyphenäste in das Periderma. Erst später und lange nachdem der Thallus seine charakteristische Form erlangt hat, treten die Gonidien auf. Es unterliegt hier kaum einem Zweifel, daß dieselben später anfliegen, oder als Zoosporen in einer dünnen Wasserfchicht von dem Standort der Algen (*Chroolepus umbrinum*) nach dem Hyphengeflecht gelangen um dort eingeschlossen zu werden. Die Hyphen treten in Verbindung mit den Gonidien, dringen auch in das Periderm, soweit das Hyphengeflecht dort fortschreitet.

Die Gonidien und Hyphen wachsen und vergrößern das unterrindige Lager (FRANK, a. a. O. S. 45). *Arthonia epipasta*, KBR., auf Baumrinde, entbehrt für das ganze Leben der Gonidien.

Die eleganteste Graphidee, *Graphis scripta*, hat einen ähnlichen Entwicklungsgang wie *Arthonia*, sie siedelt sich in kleinen Lagern an, welche in centrifugaler Richtung zu kreisförmigen Krusten auswachsen, am Rande in das Periderm eindringen. Auch hier fehlen im Beginn die Gonidien. Der Schriftzug der Schriftflechte besteht aus den Apothecien, welche das Periderm und den Thallus durchbrochen haben. In der flachen Kruste treten im Centrum zuerst die Apothecien auf und vermehren sich in der Richtung nach dem Rande hin.

Im Anschluß an diese Entwicklungsgeschichte untersucht FRANK die Alge *Chroolepus* in einzelnen Zügen: die vegetativen *Chroolepus*-pflanzen dringen mit einzelnen Gliederzellen in das Periderma. Die *Chroolepus*-gonidien verlassen zuweilen die alternden Graphideenlager und siedeln sich außerhalb derselben an, sie werden als rothbraune Staubmassen verweht.

Die Verhältnisse des Zusammenlebens niederer Algen und Pilzformen hatte ich Gelegenheit zu studiren, als es darauf ankam eine große Reihe von Wunden, welche an Buchen und Eichen durch Aftabschnitte entstanden waren, abzumustern. An solchen mit der Säge hergestellten Wunden siedeln sich sehr bald in Colonien oder in gleichmäßigen Ueberzügen Algen (Gonidien) und Pilze an. Sehr häufig leben diese lange Zeit gefondert in Distanzen von mehreren Centimetern auf demselben Aftstumpf, zwischen den getrennten reinen Colonien niederer Algen und Pilze findet man aber alle Formen der gegenseitigen Anpassung und des Zusammenlebens. Bis zur Bildung geformter epiphyter Thallusmassen, welche in dem Holze wurzeln und unzweideutig aus der Verschmelzung der Gonidien und Pilzhypen entstanden sind, vergehen mehrere Jahre.

Die Aftwunden, an welchen ich solche Thallusformen differenziert beobachtete, waren zwei Jahre vor der Abmusterung hergestellt. Die Lebensweise der holz- und rinde-

bewohnenden Flechten hat, sowohl in der Art der Befiedelung als auch in der Form wie die Hyphen in den Wirth eindringen, Anschluß an die Pyrenomycetes: Ustulina, Hypoxylon u. a. m.

Ich fand die Chroolepusfäden in voller Vegetation, aber erst im jungen Anflug und ohne Hyphengeflecht. Außer diesen waren auf derselben Aftwunde zahlreiche Gonidiengruppen mit Kugelgonidien zum Theil in Theilung, zum Theil isolirt in Hyphen eingespunnen und frei, und die jungen bereits in Medullar- und Corticalschicht differenzirten Flechten.

Es ist daher kein Zweifel, daß Flechtenanflüge entstehen, sowohl indem zwei Colonien von Algen und Pilzen sich entgegenrücken, als auch dadurch, daß der Ascomycet die Algencolonie umspinnt, als endlich auch dadurch, daß die Alge in den Thallus einwandert. Thatächlich wandern die Flechtengonidien in die Gefäß- und Holzzellen, sowie in das Holzparenchym der Aftwunden.

B. Zweite Hauptstufe der Form.

Cylinderketten, gleichwerthige Glieder¹⁾.

(S. systematische Uebersicht in der Note S. 50. 51.)

1. Copulation.

Von jetzt ab haben wir es in allen höheren Formen mit cylindrischen Zellen oder mit Ketten von Cylindern (Linsencylindern u. f. f.) zu thun. Die Generation wird in diesem Sinne erhalten: die ursprünglich schwärmende Spore oder die durch den geschlechtlichen Act entstandene Zygospore (Jochspore), zu welcher im Laufe dieser Schilderung zurückzukommen ist, oder eine vegetative Zelle keimen und theilen sich. Die vegetativen Glieder der Zellenkette sind äußerlich ganz gleich, können auch im Geschlechtsleben gleichen Grad von Entwicklung zeigen. Der nächste Schritt der Erhebung aber ist das Auftreten des aggressiven Charakters einer der beiden Geschlechtszellen und zwar der männlichen gegenüber der passiven weiblichen. In der niederen Stufe der Erhebung sind zunächst die beiden Geschlechtszellen gestaltlich nicht unterschieden.

Vollständig gleiche Betheiligung beider Copulanten findet sich einerseits in der Familie der Pilze bei den Mucorineen²⁾: Syzygites, Rhizopus, Fig. 34. Diese bilden ein aus der Jochspore *Z* entstehendes epiphytes Mycelium, dessen Auszweigungen *c c'* copuliren und sich symmetrisch theilen $\alpha \beta$. Die Zellen $\alpha \beta$ verschmelzen und bilden die symmetrisch belegene

¹⁾ Dieser Typus geht mit durch alle Pilze mit Ausnahme der Fruchtkörper einiger höherer Formen, durch alle Algen mit Ausnahme der Fucaceen, Florideen, Characeen, bei welchen zuerst das Scheitelwachsthum auftritt.

²⁾ Die Mucorineen sind niedere Pilze mit fadenförmigem Mycelium, bewohnen organische Lösungen, Abfälle, Leichen, einige Syzygites bewohnen die Oberfläche der Pilzhüte der Agaricineen. Sie besitzen mehrere Formen der Propagation (s. systematische Uebersicht der Pilze weiter unten).

Joch(Zygo)spore, c c' aber sind Descendenten höherer Ordnung, bezogen auf die Jochspore der vorhergehenden Generation.

In ähnlicher Weise copuliren die Keimschläuche als Descendenten vegetativer Sporen der Ustilagineen¹⁾ (*Tilletia Caries*), Fig. 35. Die keimende Spore S , welche auf dem Wirthe angefliegen ist, bildet aus der inneren Sporenhaut (Endosporium) einen gegliederten Keimfaden, an welchem zahlreiche Seitenzweige entstehen, welche jochartig zu Paaren verbunden sich abgliedern S' , an diesen bilden sich endlich die Sporidien S'' , welche von Neuem verstäubt werden.

Die Zygnemaceen mit den Desmidiaceen (f. oben S. 51), zum Verwandtschaftskreis der Conjugaten vereinigt, sind Fadenalgen ohne Verzweigung, welche gestaltlich außerordentlich verschieden sind von dem Typus der ersten Abtheilung. Ein gemeinsamer Zug ist eben nur der Act der Copulation. Hier erheben sich bei einer Gattung die Geschlechtssmassen zu dem Unterschied im Charakter, welcher in den höheren Familien immer die männliche von der weiblichen Geschlechtszelle unterscheidet.

Ein niederer Grad der Entwicklung kommt in diesem Sinne der Mougeotia zu, Fig. 36, wo beide Zellinhalte sich in J vereinigen.

Bei den Spirogyren²⁾ aber erhebt sich die eine Zelle zu der aggressiven

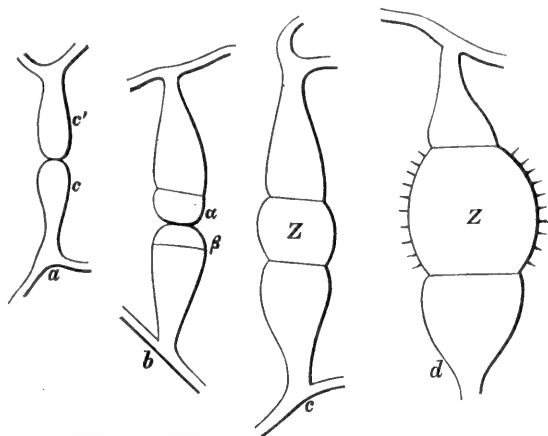


FIG. 34. *Rhizopus nigricans*. Vier Zustände der Copulation: a) c c' die beiden Copulanten, b) jeder theilt sich, Z die aus den beiden Zellen α β entstandene Zygospore. Nach DE BARY, Ann. d. sc. nat. V. 5. 1866.

¹⁾ Die Ustilagineen (mit den Uredineen in die Classe der Hypodermier vereinigt) sind endophyte, durchaus an die Nährpflanze angepasste Parasiten. Sie zerstören den bewohnten Pflanzentheil mit dem Mycelium, von welchem unter der Epidermis des Wirthes zahllose braune oder schwarze Sporen, S Fig. 35, gebildet werden. Die verstäubenden Sporen keimen von Neuem auf der Epidermis des Wirthes für die nächste Generation. Beschrieben sind diese Gattungen: *Ustilago*, *Tilletia*, *Sorosporium*, *Urocystis*, *Tecasporea*, *Tubercinia*. Einige *Ustilago*, *Tilletia* veranlassen verheerende Getreidekrankheiten. Die Stellung im System ist diese:

Classe: Hypodermier: 1. Familie: Ustilagineen,
2. » Uredineen.

²⁾ In der Familie der Zygnemaceen sind beschrieben und zum Theil entwicklungsgeschichtlich genau erforscht die folgenden Gattungen: I. niedere Stufe Mougeotia, Meso-

Bewegung. Sie wandert durch die Verbindungskette i nach der harrenden passiven empfangenden Zelle. Die Verwandtschaft der Zygospore Z zur Zygospore der vorjährigen Generation ist ausgedrückt durch ein Schema, welches aus der Betrachtung der Entwicklungsgeichte, Fig. 37, entspringt. Mögen die Sporen, welche in C , Fig. 37, entstanden sind, in der nächsten Vegetationsperiode keimen, sowie dieß die Fig. 37 D für eine Spore darstellt und χn , resp. $\chi n'$ Zellen in je einer Zellenkette bilden, so sind $\chi\chi'$ zunächst,

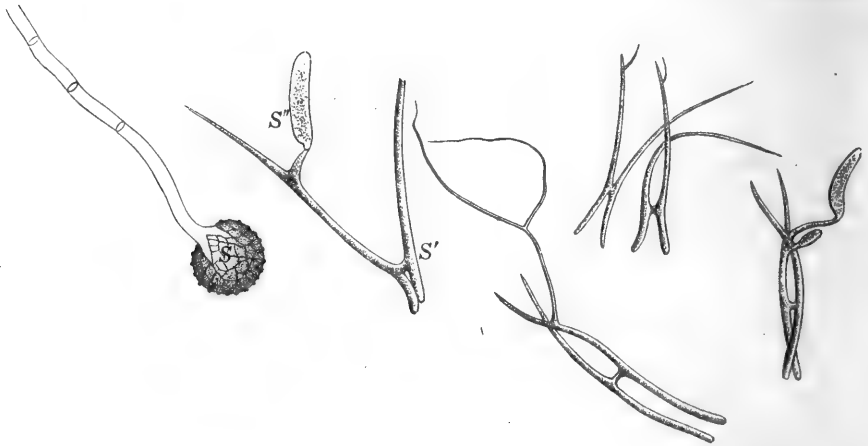


FIG. 35. *Tilletia Caries*, Ustilagineen. Keimung der Sporen. S die Spore mit dem aus dem Exospor hervortretenden Keimschlauch, welcher in Zellen gegliedert ist, an diesen entstehen durch Sprossung, Theilung und nachträgliche Copulation die jochförmigen Sporidien S' , an welchen endlich als dritte Zellengeneration die Sporidien S'' abgegliedert werden (nach TULASNE).

wie die Figur 38 zeigt, nächste Verwandte von mütterlicher Seite. Von väterlicher sind sie nur durch wiederum nächste Verwandtschaft der Väter verbunden, vv' Fig. 37. Jede Spore bringt n Glieder hervor, von welchen jedes Glied im n ten Grade verwandt ist mit den Ascendenten $\chi\chi'$. Selbst wenn die aus $\chi\chi'$ entspringenden Ketten mit einander vereinigt blieben, wären die Glieder des Systemes im nächsten Jahre im n ten Grade mit einander verwandt, und das Blut, wenn man so sagen darf, wird von der Stammmasse χ im Laufe der Generationen verdünnt, von 1 auf n , n^2 , n^3 u. s. f.

Die Zahl der Zellen im Stammbaum würde, wenn die Kette, wie dieß in der That vorkommt, sich in sich selbst (hermaphroditisch) befruchtet, am

carpus, die Vereinigung der beiden Geschlechtsmassen geschieht außerhalb der Zellen zwischen beiden Fäden; II. *Spirogyra*, *Zygnema*, die eine vegetative Zelle wandert nach der andern, Fig. 37; III. *Sirogonium*, höchste Stufe, die eine der copulirten Zellen theilt sich in mehrere Tochterzellen, welche den männlichen Geschlechterreger nach dem weiblichen Copulanten entlassen.

Ende der ersten Generation $\frac{n}{2}$ fein, wo n die Anzahl der Zellen einer Kette ist.

Die keimende Jochspore γ bringt n Zellenglieder hervor, welche nach der nächsten Verwandtschaft zu zwei verschmelzen. Die Verwandtschaft und die Anzahl der Zellen werden auf $\frac{1}{2}$ herabgedrückt, die $\frac{n}{2}$ Jochsporen bringen wieder jede n Tochterzellen hervor. Die Verwandtschaft zweier derselben bezogen auf γ ist im $\frac{n}{2} \cdot n$ ten Grade. Die Verwandtschaft je zweier nach

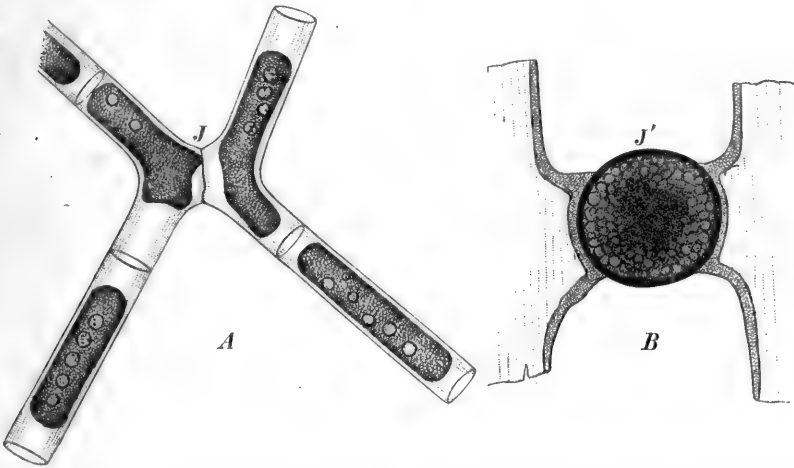


FIG. 36. *Mougeotia genuflexa* (nach RIPART¹⁾). Zwei vegetative Fäden schicken sich zur geschlechtlichen Vereinigung an, indem sie sich in je zwei Gliederzellen knieartig biegen, in der Biegungsstelle sind zwei Fäden verwachsen. J Fig. A, der Inhalt der beiden so verbundenen Zellen fließt zur Jochspore J' zusammen.

m Generationen ist somit $\frac{n}{2} \cdot m$. Auch hier sehen wir also, daß die geschlechtliche Mischung weder die Propagation bewirkt noch die Blutsverwandtschaft erweitert, wenn nicht die vegetative Theilung in der Zellenkette zu Hilfe käme. Die Erhaltung der vorliegenden Race und ihre Vermehrung ist somit ganz abhängig von der Erstarkung eines vegetativen Fadens, erhält dieser aus der Jochspore hervorgehend 100 Zellen, so ist für 50 Jochsporen für die nächste Generation geforgt, erhält er nur 2 Zellen, so ist nur für 2 Jochsporen geforgt²⁾.

¹⁾ RIPART, *Observ. sur le Mougeotia genuflexa*. *Ann. d. sc. nat. Sér. V. T. IX. Taf. 8.*

²⁾ Die Uebermittlung der Generation nach der nächsten Vegetationsperiode ist, da die vegetativen Fäden am Ende der Sommerperiode eingehen, nur durch die ruhenden Jochsporen möglich. (Man vergleiche mit dieser Entwicklungsgegeschichte den Vorgang bei den Desmidiaceen, oben S. 54.)

Wir haben jetzt nur noch zu berücksichtigen, daß die je zwei copulirenden der n Zellen, welche in der Kette liegen, unter sich nicht gleiche Verwandtschaft zeigen, daß sie nicht Kinder gleicher Eltern sind.

Wenn die Spore A sich in die Zellen $a\ b$, Fig. 38, theilt, und a in $a' a'$, b in $b' b'$, a' in $a'' a''$, resp. a, a'' u. f. f. übergeht, so sind verwandt $a\ b$ im ersten Grade, ebenso $a' a'$, $b' b'$ u. f. f.; in je einem der Zeitpunkte I, II, III aber grenzen aneinander $a' b'$ im zweiten Grade verwandt, $a, a'' b''$ im

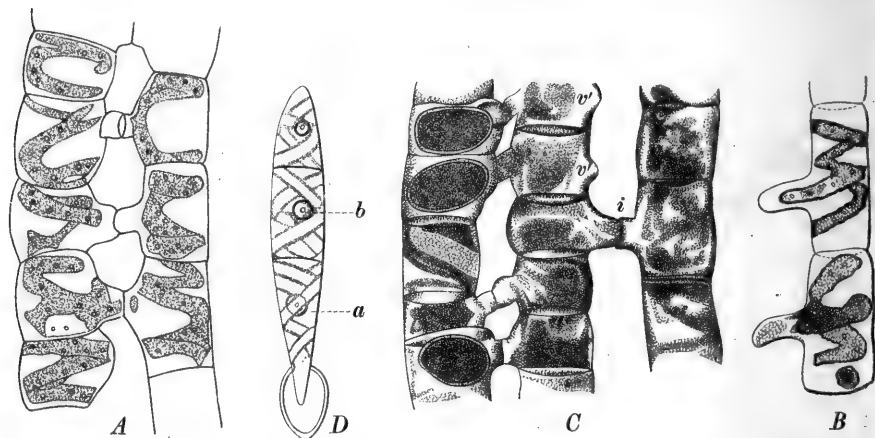


FIG. 37. *A* Zwei Spirogyrenfäden in Copulation, die Protoplasmaspiralen noch wenig deformirt. *B* Ein Faden mit den fettlichen Ausfüllungen, welche den zweiten Copulanten nicht getroffen haben. *C* Drei Fäden in wechselseitiger Copulation, v' die männlichen Zellen haben ihren Inhalt nicht vollständig abgegeben. *D* Keimende Zygospore, $a\ b$ die ersten Zellen des Fadens. Die sämtlichen Figuren sind nach Photogrammen hergestellt, von welchen die Negativplatten im botanischen Institut der Königl. Forstakademie Münden aufbewahrt sind.

dritten Grade u. f. f. Die Zwitterbefruchtung kann nun in der geschlechtsreifen Kette III von a'' nach der nächsten a'' stattfinden, dann wird die Spannung, welche bei dem Uebergang von a' nach $a'' a''$ (von II nach III) durch vegetative Theilung geschaffen wurde, wieder auf Null herabgedrückt. Sie kann aber auch von a'' nach a, a'' führen, dann wird das Blut zweier Verwandten des zweiten Grades gemischt; oder zwischen $a, a'' b''$, dann wird das Blut vom dritten Grad auf den zweiten Grad gemischt u. f. f. Es sind also zunächst räumliche Schwierigkeiten zu überwinden.

Den Uebergang von den Conjugaten nach den Algen und Pilzen mit differenten männlichen und weiblichen Geschlechtsapparaten bildet Syrogonium.

Die Chlorophyllschraubenbänder von Syrogonium sind steiler wie bei den Spirogyren. Zwei Fäden verwachsen bei der Copulation in der Beugungsstelle, die Zelle des einen Fadens theilt sich mehrfach und wird zu Antheridien, die andere weibliche nicht. Aus den Antheridien geht der befruchtende Zellinhalt durch die örtlich reforbirte oder gequollene Membran hinüber

nach der weiblichen. Hier haben wir es mit einer niederen Form derjenigen Differenzierung zu thun, durch welche gefonderte Apparate für die Bildung zahlreicher männlicher Keimerreger der Antheridien geschaffen werden.

Hinsichtlich der Copulation der Zygнемaceen ist eine gradweise Steigerung der geschlechtlichen Differenz aufzustellen, insofern die Geschlechtszellen aus verschiedener Verwandtschaft stammen.

Nächste Verwandtschaft, Monöcie.

a) Zwei Nachbarzellen vereinigen sich, die eine wandert um die Querwand, nachdem von beiden Zellen ein Schlauch in deren Nähe getrieben ist, nachdem die Schläuche copulirt und ihre Berührungswände reforbirt haben, nach der anderen Zelle, die beiden vereinigten Zellinhalte liegen in der Kette des vegetativen Fadens als Spore mit fester Membran.

b) Die beiden Zellinhalte vereinigen sich in dem Joch, welches wie vorher über die Querscheidewand durch zwei copulirende Schläuche gebildet wurde: Pleurocarpus.

Entferntere Verwandtschaft, Diöcie.

a) Niedere Stufe. Zwei Zellen verschiedener vegetativer Fäden beugen sich knieförmig, copuliren, reforbiren ihre Membranen und vereinigen ihre Zellinhalte in der Jochstelle zur Zygospore: Mougeotia, Mesocarpus (Staurospermum), Fig. 36.

b) Die zwei Zellen der verschiedenen Fäden treiben Schläuche wie die Spirogyra, Fig. 37, welche copuliren, nach der Reforktion der trennenden Wand vereinigen sich die Zellinhalte in diesem Joch: Zygonium.

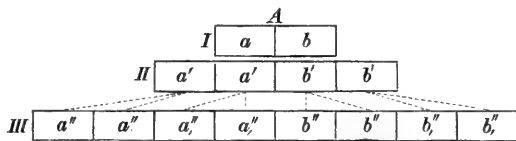


FIG. 38. Schema der Theilung und Blutsverwandtschaft in einer Zellenkette der Zygнемaceen. In I *a b* zwei benachbarte Zellen. In II *a' a' b' b'* die nächste Generation zu *a* und *b*. In III die dritte Generation in der geometrischen Reihe 0, 2, 4, 8.

c) Wie vorher, der Zellinhalt einer der Zellen wandert nach dem Hohlraum der anderen, vereinigt sich dort mit dem Zellinhalte zur Dauerspore: Spirogyra.

d) Die Zelle, welche die männlichen Zellinhalte bildet, theilt sich, entläßt aus einer der Zellen einen der Masse nach kleineren Befruchtungskörper nach der Copulation nach der empfangenden Zelle des anderen Fadens: Syrogonium.

In dieser Reihe hat sich die geschlechtliche Differenz und der functionelle Charakter der beiden Zellen allmähig gesteigert. Zuletzt erkennt man die passiv verharrende empfangende Eizelle und die aggressive wandernde männliche Zelle.

Es ist bei den Zygнемaceen als den einfacheren und der mikroskopischen Wahrnehmung am meisten zugänglichen Formen unter allen Umständen bei der Zelltheilung darauf aufmerksam zu machen, daß sich gar kein Anschluß an die Einschachtelung findet, wie sie oben bei den Glöocapsen, Fig. 30, beobachtet wurde. Es entstehen hier offenbar nur Scheidewände, wollte man annehmen diese ständen mit einer rings um die Tochterzelle gehenden Haut in Verbindung, so müßte diese in der Cylinderwand von verschiedener Dicke sein. Andererseits läßt sich von nun ab entsprechend dem Gedankengang, welcher bei der Blutsverwandtschaft der

Zellengenerationen, f. oben S. 86, entwickelt wurde, zeigen, daß alle vegetative Theilung der höheren Pflanzen auf eine Zelle, Scheitel- oder Eizelle, zurückgeführt werden kann. Hier käme, wenn die Wandbildung allseitig wäre, eine endlose Einschachtelung in Betracht. Thatfache ist, daß das allmähliche Vorschreiten der Querwände bei den Algen für vegetative Theilung beobachtet ist, bei den höheren Zellenpflanzen nicht. Hier treten die Wände rasch, je nach der Gewebeart, in großer Zahl gleichzeitig und über die ganze Ausdehnung auf, welche erfordert wird um den einzelligen Wohnraum des Plasmakörpers in einen zweizelligen zu verwandeln. (Mit Ausnahme der Pollenzellen, Bd. I S. 58.)

Die Theilung verläuft innerhalb 3—6 Stunden, so daß zuerst die Masse des primären Zellkernes auseinanderfließt; bei diesem Vorgang fließen

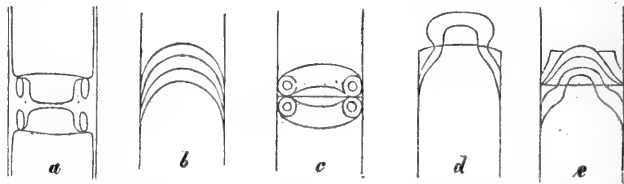


FIG. 39. Rhynchonema, Krz., Zygnemaceen. Querwände mit verschiedener Ausbildung der Verdickung und deren Schichten. *a* die Verdickung ist auf eine ringförmige Leiste dieß- und jenseits der Querwand beschränkt, diese zeigen beiderseits nochmals einen nicht mit Masse ausgefüllten Ring. *b* die Querwand ist nach einer Seite ausgebaucht und geschichtet. *c* an beiden Seiten der Querwand befinden sich (hohle?) Ringleisten, der Querschnitt derselben ist kreisförmig. *d* ausgebaute Querwand nach dem Bruch des Fadens. *e* geschichtete in die Nachbarzelle vorspringende Querwand.

die Körnchen im Plasmastrang, welcher den Kern umgibt, hin und her. Die Kernkörperchen werden im Nucleus aufgelöst. Sodann differenzieren sich um die Theilungsebene des Kerns die sogenannten Kernfäden, welche senkrecht zu der späteren Theilungsebene orientirt sind, und eine in dieser selbst liegende Kernplatte. Während dieser Differenzirung beginnt auch von der Cylinderwand aus die Bildung der zukünftigen Scheidewand, dort häuft sich das Plasma und die transitorische Stärke. Der Kern hat sich indeffen zu einem tonnenförmigen Volum gestreckt, an den beiden Endflächen der Tonne häuft sich die Masse der Kernfäden. Die Plasmafäden, in welchen die Kernmasse suspendirt ist, theilen sich und die auseinanderweichende Kernmasse bleibt, während die beiden secundären Kernmassen sich differenzieren, Fig. 40 C, in einem im optischen Durchschnitt rechteckig configurirten Strangsystem von farblosem Plasma suspendirt; die Fig. C zeigt, wie die Kernfäden nach den secundären Kernen hin verlaufen, dort noch in ebensoviele Körnchen ausmünden. In dem Maße wie die Querwand vorrückt sammelt sich das Plasma in den secundären Kernen, Fig. F mit C zu vergleichen. Die beiden Kerne rücken nach vollendeter Querwandbildung allmählich nach den Centren ihrer Zellen.

C. Kieselschalige Zellenketten, welche sich trennen (Diatomeen)¹⁾, Bacillariaceen.

Die kiefelschaligen Diatomeen stehen in der Gestaltung unverbunden mit allen übrigen Algen da. Sie stellen eine, durch strenge Gliederung

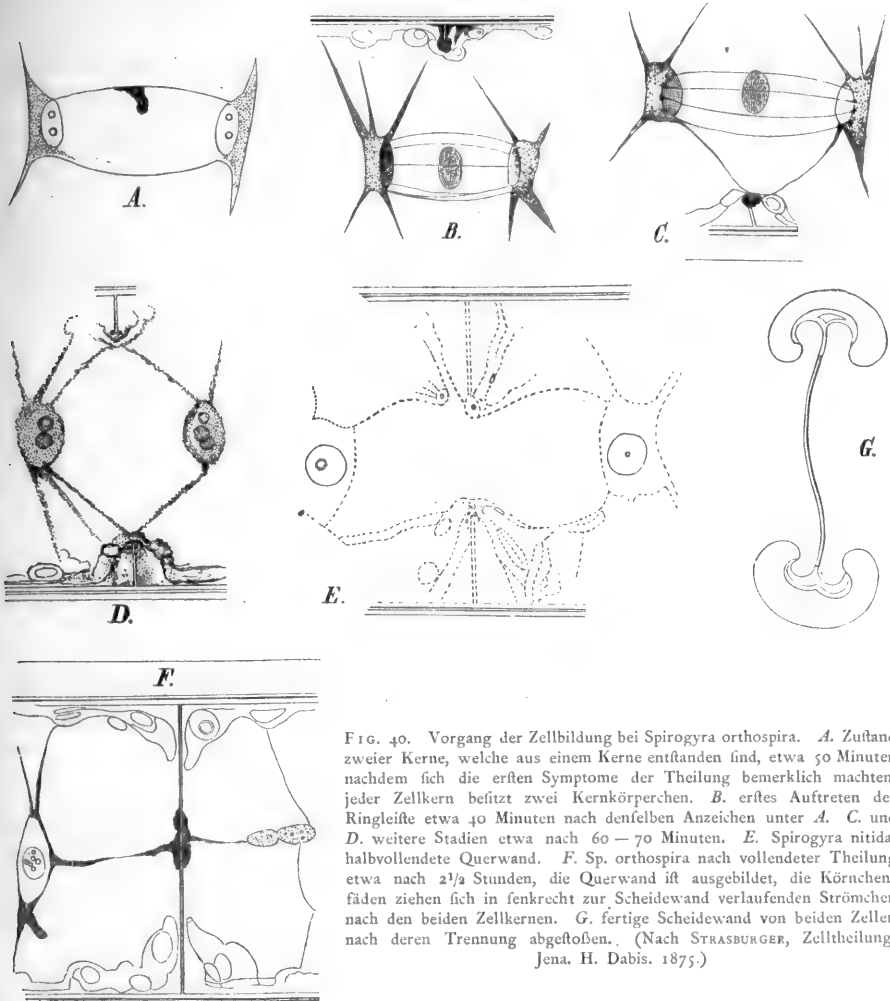


FIG. 40. Vorgang der Zellbildung bei *Spirogyra orthospira*. A. Zustand zweier Kerne, welche aus einem Kerne entstanden sind, etwa 50 Minuten nachdem sich die ersten Symptome der Theilung bemerklich machten, jeder Zellkern besitzt zwei Kernkörperchen. B. erstes Auftreten der Ringleiste etwa 40 Minuten nach denselben Anzeichen unter A. C. und D. weitere Stadien etwa nach 60—70 Minuten. E. *Spirogyra nitida*, halbvollendete Querwand. F. *Sp. orthospira* nach vollendeter Theilung etwa nach 2½ Stunden, die Querwand ist ausgebildet, die Körnchenfäden ziehen sich in senkrecht zur Scheidewand verlaufenden Strömchen nach den beiden Zellkernen. G. fertige Scheidewand von beiden Zellen nach deren Trennung abgestoßen. (Nach STRASBURGER, Zelltheilung. Jena. H. Dabis. 1875.)

¹⁾ Die Diatomeen (Bacillariaceen) leben im süßen Wasser und im Meere. Das Studium der meerbewohnenden Diatomeen ist bis zu gewissem Grade erleichtert durch die in neuerer Zeit angelegten Seewasseraquarien (Frankfurt, Berlin, Hamburg). Die Diatomeen besiedeln die festen Wände, die Zellenalgen, die See- und Süßwasserthiere, sie leben gefellig in dendritisch verästelten Colonien, oder sie bilden Sedimente am Grunde der Gewässer. Die Systematik dieser Algen zeigt etwa 12 Familien mit zahlreichen Gattungen, bearbeitet von KÜTZING, RABENHORST, PFITZER, die Familien: Melosireen Kz., Eunotieen

und große Mannigfaltigkeit in der Form, bei verhältnißmäßig einfachen Mitteln in der Theilung, ganz divergente Classe dar, deren genetische Verbindungsglieder mit den Cellulosealgen niederer Art nicht zu finden (untergegangen) find.

Die Gestalt ist zwischen zwei geometrischen Figuren eingeschränkt, hervorgegangen durch gleichsinnige Theilung einer Kugel, eines Cylinders, eines elliptischen Cylinders, eines Linsencylinders. Die morphotische Differenzirung ist äußerst gering, sie erstreckt sich nur auf einen ungleich gestalteten Schleimfaden, welcher die Kette der vegetativen Zellen trägt.

Die adaptiven Neigungen der Diatomeen sind verschwindend (Schwimmapparate aus Plasmafäden).

Das Strahlensystem von Zellen ist so entstanden wie Fig. 41 zeigt, in a heftet sich die vegetative Mutterzelle an die feste Unterlage oder an

Kz., Cymbelleen Kz., Achnantheen RBH., Surirelleen RBH. und Kz., Naviculaceen RBH. und Kz., Syndereen RBH., Meridieen Kz., Tabellarien, Anguliferae Kz. und PF., Lymnophoreen PF., Actinischeen KG., Bidulphieen, Tripodischeen. Für die Maße der Einzelzellen mögen diese Beispiele angegeben sein: *Pleurosigma attenuata* 214 Mikromillimeter in der Längs-, 24 in der Querrichtung; *Pl. acuminata* 100 auf 16; *Pinnularia nobilis* 200—225 auf 48; *Pl. radiata* 54 auf 9; *Navicula affinis* 60 auf 16; *N. fulva* 100 auf 25; *Stauroneis amphicephala* 50 auf 9.

Literatur: Diatomeen (Bacillariaceen).

GREVILLE, *Report on a Collection of Diatomaceae, made in the district of Bræmur by Prof. BALFOUR and Mr. GEORGE LAUSON. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 2. ser. vol. XV. p. IX. 7. 8. 9.* — CARTER, *On the conjugation of Cocconeis, Cymbella and Amphora. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 2. ser. vol. XVII. 1856.* — MENEGHINI, *Sulla animalità delle Diatomee 1845. Uebersetzt in Roy. Society's Publications 1853.* — WALKER-ARNOTT, *On the structure of Amphora and the Diagnosis of its species. Quarterly journal of microscopical science. vol. VI. 1858.* — HOFMEISTER, *Ueber die Fortpflanzung der Desmidiaceen und Diatomeen, Berichte über die Verhandl. d. sächsl. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig 1857.* — RALFS, *Notes on the silicious cell of Diatomaceae. Quart. Journ. of microsc. science VI. 1858.* — DONKIN, *On marine Diatomaceae of Northumberland. Quart. Journ. of microsc. science VI. 1858.* — SCHULTZE, *Innere Bewegungsercheinungen bei Diatomaceen der Nordsee, aus den Gattungen Coscinodiscus, Denticula, Rhizosolenia. MÜLLER's Archiv f. Anat. u. Physiol. 1858.* — WALLICH, *On the development and structure of the Diatom. Valve. Transact. of the microsc. Society. 1860.* — FRESSENIUS, *Ueber einige Diatomeen. Abhandl. der Senckenberg. Gesellsch. zu Frankfurt a. M. IV. 1862.* — GRUNOW, *Ueber einige neue und ungenügend bekannte Arten und Gattungen von Diatomaceen. Verhandl. der zool.-botan. Gesellsch. zu Wien. 1863.* — CARTER, *Conjugations of Navicula seriata, N. rhomboides and Pinnularia gibba. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 3. ser. vol. XV. 1865.* — WALLICH, *On Triceratium. Quart. Journ. of microsc. science. VI. 1858.* — *Ueber Bau und Zelltheilung der Diatomaceen. Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1869. S. 81. Abgedruckt in Botan. Zeit. 1869.* — MAC DONALD, *On the structure of the Diatomaceous frustule and its genetic cycle. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 4. ser. vol. III. 1869.*

fluthende und schwebende Wasserpflanzen, Lemna, Fadenalgen u. a. m. an, mit einem später erhärtenden Schleimfaden. Die Zelle theilt sich, der Faden wächst und gabelt sich in dem Maße, wie die Fächerung von *a* nach *e*, Fig. 41, fort schreitet.

In der Theilung der Zellkette bieten die Diatomeen großes Interesse. Eine Kette, wie Fig. 41, geht aus einer Zelle hervor, in dem Sinne wie eine Reihe kleiner werdender Schachteln in einer größeren stecken.

Im optischen Durchschnitt für eine Kante $a_1 a_2 \dots$, Fig. 42 B, stellt sich diese Sache so dar:

Das Schalenstück a^2 steckte zuerst in a^1 , so wie jetzt je ein linkes oder rechtes in einem rechten beziehungsweise linken steckt. Die Zelle a_1 und Zelle a_2 sind die ersten Descendenten, sie zerfallen nach dem Schema, Fig. 43. Die beiden Schalenstücke $a_1 a_2$ am Rande müssen der Natur der Sache nach immer Deckel sein, alle innern Abkömmlinge sind abwechselnd Deckel *D* und Schachtel *S*, so daß die Reihe der Generationen ist:

DS, I Fig. 43 A,

DS, SD, II Fig. 43 B,

DS, SD, SD, DS, III Fig. 43 C.

Die Kette ist demgemäß an dem einen Ende breiter wie an dem andern und sie verzüngt sich von beiden Enden nach der Mitte¹⁾.

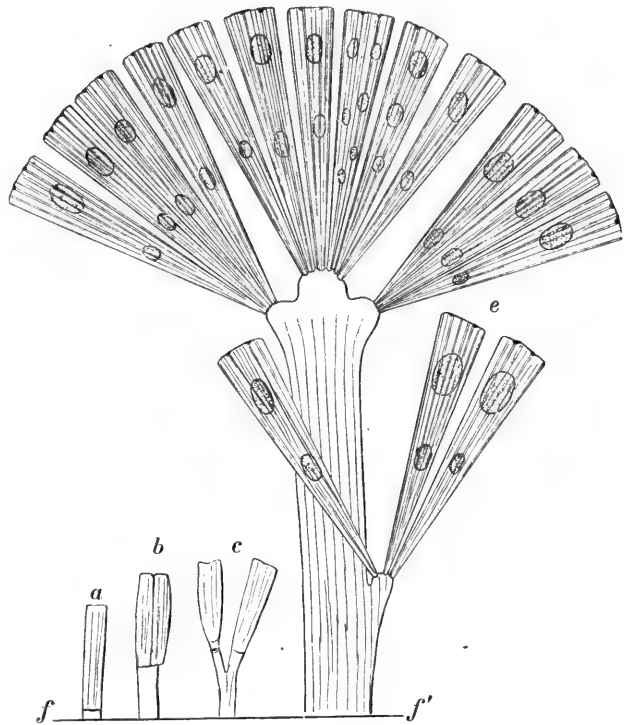


FIG. 41. *Licmophora radians*. *a* der erste Zustand der Zelle mit einem kurzen, *b* mit einem längeren Schleimfaden, in *c* ist die Theilung eingetreten, in *e* mehrfach fächerig getheiltes Individuum, sämmtliche Theile durch Schleimfäden dendritisch verbunden (KÜTZING).

¹⁾ Dießbezügliche Messungen, an den Ketten der *Melosira varians* ausgeführt, ergaben einen Unterschied von 4–6 Mikromillimeter.

Trennen sich die Glieder nachdem die Reihe der Theilungen $DS, DS, SD; DS, SD \dots SD, DS$, vollendet ist und beginnt jede Zelle von Neuem eine Colonie zu bilden, wiederholt sich dieß ferner durch

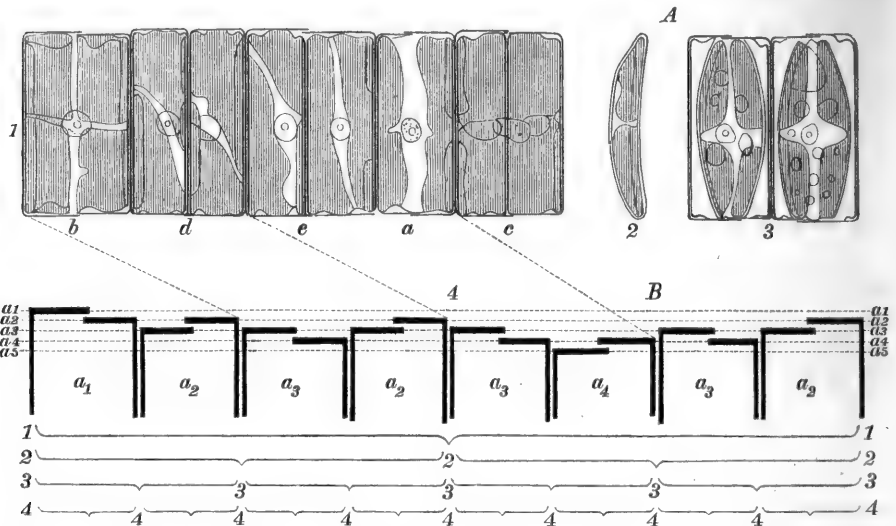


FIG. 42. *A* *Himanthidium pectinale*. 1 Gürtelansicht einer Zellenkette. 2 Schalenansicht einer Zelle. 3 Gürtelbandansicht im Craticularzustand für zwei Zellen. *B* Schema der Zellenkette nach dreimaliger Theilung (nach PFITZER). In *a* und *b*, Fig. *A*, zerklüften sich die Endochromplatten, in *c* wachsen die Platten, in *d* ist die Zelltheilung vollendet. Der Craticularzustand, Fig. 3 *A*, zeigt eine doppelte Schalenbildung (Craticula, eine deswegen aufgestellte Gattung).

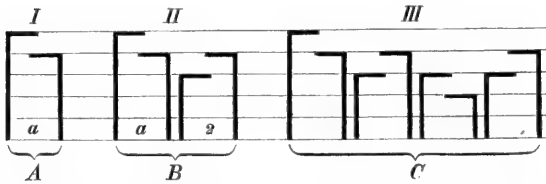


FIG. 43. Schema der aufeinanderfolgenden Zustände von *Himanthidium* im optischen Durchschnitt der Schalen. *A* Deckel und Schachtel. *B* zweite Generation, der Deckel von *A*, rechts der Schachteltheil, rechts zu ersterem hat sich ein zweiter Schachteltheil, ebenso zu letzterem gebildet. *C* dritte Generation von Zellen.

unzählige Generationen, so müßten immer kleinere Individuen zum Vorschein kommen, wenn nicht nachträglich noch ein Wachstum in zur Längsrichtung der Kette senkrechter Richtung stattfände, oder wenn nicht ein zweiter

Modus der Verjüngung mit dem geschilderten abwechselte.

Die geschlechtlichen Vorgänge der Diatomeen, soweit sie bis jetzt bekannt sind, verlaufen so: zwei Individuen lagern sich aneinander, sie sondern eine Schleimmasse aus, welche zusammenfließt. Die Schalenstücke öffnen sich und es strecken sich zwei neue Individuen, welche aus den alten Schalen entlassen werden, weit über die Länge der zwei copulirenden vegetativen Zellen. Diese neuen Individuen nennt PFITZER die Auxosporen (PFITZER, Ueber die Bacillariaceen in J. v. HANSTEIN, Beiträge zur Mor-

phologie I. Band). Die eigentliche Propagation geschieht dem entsprechend nur durch Trennung der auf vegetativem Wege entstandenen Zellen. Bei anderen Formen findet selbst bei diesem geschlechtlichen Acte eine Verminderung in der Zahl der isolirten Individuen statt, insofern nur eine einzige Auxospore aus zwei vereinigten Individuen hervorgeht.

Die Bacillariaceen schließen sich, wenn überhaupt ein Anschluß denkbar ist, an die Desmidiaceen an, wo bei *Schizoglamis gelatinosa* eine analoge Zerklüftung der Membran beobachtet ist (Fig. 65 C aus Band I dieses Handbuchs). Freilich bietet diese Art sonst in den morphotischen Zügen wenig Analoges. Die Frage, ob die Bacillarien zu den Thieren oder zu den Pflanzen zu rechnen seien, erachten wir als in dem letzteren Sinne entschieden¹⁾.

a) Structur der Schalen.

Die Gürtelbandansicht der Schale entbehrt meistens der zierlichen Felderung und Streifung, welche der Schalenansicht zukommt²⁾. Die Schale besitzt bei einigen einen Längsspalt und Verdickungsknoten. Die feine Felderung und Streifung wird nicht zerstört durch Ausglühen. Hierbei verbrennt die Cellulose, das Kiesel skelett bleibt mit allen Feinheiten der Structur erhalten.

b) Protoplasma und Endochrom.

Die Endochromplatten³⁾ überziehen die Schalenflächen bei einigen Gattungen, die Schalen- und Gürtelflächen bei anderen, sie entsprechen dichteren Parthien des Plasmawandbelegs, welcher sonst farblos ist, und bleiben kenntlich selbst nachdem das Pigment durch Alkohol ausgezogen ist. Bei Behandlung des so entfärbten Protoplasma mit Alcannapigment färben sie sich intensiver als der sonst farblose Theil des Plasmakörpers.

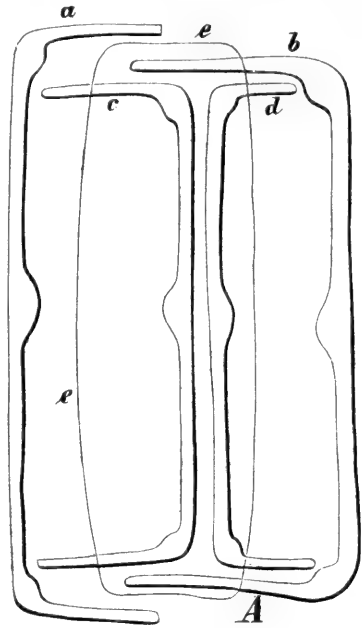


FIG. 44. Schema der Theilung der Diatomeen. *A* *Pinnularia gibba*, EHRRG. *a* und *b* alte Zellschalen eines Individuums. *a* und *c* und *b* und *d* die zu den zwei neu entstandenen Individuen gehörigen Schalen. *e* Zwischenstück.

¹⁾ PFITZER, a. a. O. S. 181.

²⁾ Bekannte und ausgezeichnete Probeobjecte für die Leistung der besseren Mikroskope: *Pleurosigma* (verschiedene Arten), *Surirella* u. a. m.

³⁾ Enthalten ein gelbes oder braunes in Alkohol lösliches Pigment, f. Bd. I. I. S. 563. ASKENASY, Beiträge zur Kenntniß d. Chlorophylls. Bot. Ztg. 1867. MILLARDET, Sur la nature du pigment des *Fucoidées*. Ann. d. sc. nat. V. 10.

Eine systematische Uebersicht der wichtigsten Bacillariaceen wird nach PFITZER aus der Vertheilung der Endochromplatten, aus der Gestalt und Structur der Schalen gewonnen:

Synopsis der Familien (nach PFITZER und RABENHORST).

A. Endochrom an wenige, höchstens zwei, selten in der Mitte unterbrochene Plasmalplatten gebunden. Allgemeiner Bau der Schalen bilateral, Streifung niemals netzförmig. Sporenbildung aus zwei hautumhüllten Mutterzellen.

I. Endochromplatten, wenn zu zweien vorhanden, stets den beiden, wenn einzeln, fast stets (nicht bei den Cocconeideen) einem Gürtelband in der Mediane anliegend. Eine meist in der Mitte durch Knoten, unterbrochene Längspalte auf jeder Schale. Auxosporen zu zweien. Placochromaticae.

a) Mit Knoten.

α) Asymmetrische Formen.

1° Nach allen drei, oder nach der Längs- und Querebene asymmetrisch, dem entsprechend mit sechs oder fünf Knoten, einer dem weniger convexen Gürtelband anliegenden Platte; Sporen den Mutterzellen parallel.

Gomphonemeen (Keilfäden). Schalenansicht länglich keilförmig eingebuchtet. Gürtelansicht keilförmig. In Colonien in einer Gallertmasse, einige Arten mit Gallertstiel. Die Zellen trennen sich oder bleiben zu zweien und mehreren fächerartig vereinigt. In stagnirenden und fließenden Wassern häufig an Fadenalgen befestigt (Sphenella, Gomphonema).

Amphoreen, Pr. Schalenansicht elliptisch. Gürtelansicht lineal oder schwach keilförmig. In süßem Wasser und Mineralquellen. Zellen isolirt.

2° Nach der Längsebene allein asymmetrisch, mit sechs Knoten, einer dem stärker convexen Gürtelband anliegenden Platte, Sporen den Mutterzellen parallel.

Cymbelleae. Schalenansicht gekrümmt. In Gallertröhren in Reihen oder auf einem Gallertstiel und isolirt oder paarweise frei mit gleitender selbständiger Bewegung (Encyonema mit Gallertröhren. Cocconema auf einem Gallertstiel. Cymbella und Ceraconeis freischwimmend).

3° Nach der Längsebene allein asymmetrisch, mit sechs deutlichen oder rudimentären Knoten und einer dem weniger convexen Gürtelband anliegenden Platte, Sporen rechtwinklig zu den Mutterzellen.

4° Nach der Theilungsebene asymmetrisch, mit fünf Knoten, zwei Platten.

Achnantheae. Auf einem Gallertstiel wenige oder mehrzellige Reihen. Der Stiel ist zuweilen an einem Eck der Schalenreihe befestigt. Im Süßwasser, in Salzquellen, im Meer (einige sehr schöne Arten im Frankfurter Aquarium).

5° Nach der Theilungsebene asymmetrisch, mit fünf Knoten, einer der convexen Schale anliegenden Platte.

Cocconeideae. Schalenansicht elliptisch; bei den Arten, welche sich mit einer Schale an Fadenalgen flach anlegen, ist die Schale in der Berührungsebene flach, die Rückenschale gewölbt, meist isolirt lebend (Cocconeis).

β) Symmetrische oder diagonal gebaute Formen.

6° Ohne Keilbildung, mit zwei Platten und sechs normalen Knoten.

Naviculeae. Schalenansicht kahnförmig. Gürtelansicht lineal, meist frei oder paarweise, gleitend sich fortbewegend, selten in Colonien in einer Gallertmasse oder in

Röhren (nach RABENHORST *Navicula*, *Amphipleura*, *Pinnularia*, *Falcatella*, *Amphiprora*, *Pleurosigma*, *Stauroneis*, *Pleurostaurum*, *Mastogloia*, *Colletonema*).

7° Mit feitlicher Kielbildung, zwei Platten, vier normalen und zwei verlängerten (Mittel-)Knoten.

Amphipleureae. Spindelförmig, sechsseitig, vereinzelt lebend (*Amphipleura* nach RABENHORST zu den *Naviculeen* gehörig).

8° Mit medianer Kielbildung, zwei Platten, sechs normalen Knoten.

Plagiotropideae. Schalenansicht spitzlancettlich. Gürtelansicht ähnlich der *Amphiprora*. Einzige Gattung *Plagiotropis*, PFITZER: Pillauer Hafen.

9° Mit medianer und feitlicher Kielbildung, einer Platte, sechs normalen Knoten.

Amphitropideae. «Diese Familie steht in demselben Verhältniß zu den *Plagiotropideen*, wie die *symmetrischen Cymbellen* sich zu den *Naviculis* verhalten. Die *Amphitropis paludosa*, durch die S-förmigen Kiele ausgezeichnet, hat nur eine einzige, dem Gürtelband anliegende und mit ihren Rändern die Schale erreichende Endochromplatte, welche sich von den Rändern her theilt» (PFITZER, a. a. O. S. 95).

b) Ohne Knoten.

10° Mit Kielpunkten, an einem Rande liegender Längsplatte und einer Endochromplatte, *Nitzschieae*.

II. Endochromplatten mit ihren Medianen den Schalen anliegend. Längspalten fehlend oder an jeder Schale zwei an deren Rändern. Knoten fehlen. Auxosporen einzeln, durch Copulation entstehend.

a) Mit zwei Längspalten, Platten sich der Fläche nach theilend.

11° Schalen mit Längsrippe und je zwei Flügeln, die am Rande die Spalte tragen.

Surirayae. Diese Familie enthält zum Theil Gattungen mit wind-schiefen Schalen oder solche mit Flächen doppelter Krümmung, *Campylodiscus*, *Cymatopleura* und *Suriraya* mit außerordentlich complicirtem Schalenbau (f. PFITZER, a. a. O., S. 107 ff.).

b) Ohne Längspalten, Platten mit Quertheilung.

12° Schalen mit glatten Mittelfstreifen, meist symmetrisch.

Synedraeae. Schalenansicht spindelförmig. Gürtelansicht lineal. «Unterscheiden sich von den *Eunotien* durch die meist geraden, nicht unterbrochen gestreiften, sondern von einer glatten Mittellinie durchzogenen Schalen. Im Innenbau schließen sie sich an die *Eunotien*. Die Individuen sind zuerst an einem Gallertstiel befestigt, später ifolirt, schwimmen frei: *Synedra*, *Staurisira*, EHRBG.» (PFITZER). Nach RABENHORST gehören noch Gattungen hierher, welche Pf. anderweit unterbringt.

13° Schalen querüber gestreift, stets asymmetrisch.

Eunotiae. Hierher rechnet PFITZER *Eunotia*, *Himanthidium* und *Amphicampa*. Der Querschnitt der Zellen vierseitig. Einzelzellen oder zu Reihen verbunden.

B. Endochrom an zahlreiche Körner gebunden. Allgemeiner Bau der Schalen *zygomorph* oder *centrifisch*, Streifung oft netzförmig. Sporenbildung aus einer hautumhüllten oder zwei dazu durch Theilung entstehenden primordialen Mutterzellen: *Coccochromaticae*.

I. Bilaterale Formen. Zwei Mutterzellen bei der Sporenbildung.

a) Nach der Querebene symmetrisch.

14° Ohne innere Diaphragmen.

Fragillariae. Hierher rechnet PFITZER nur *Fragillaria* und *Odontidium*. Zellen in

Ketten. Schalenansicht lanzettlich oder fymmetrisch eingebuchtet. Gürtelansicht lineal. Endochromkörper auf der Gürtelfläche in 2—3 unregelmäßigen Längsreihen.

15° Mit inneren Diaphragmen.

Meridieen (nächste Gattung *Odontidium*). Die Schalenansicht spindelförmig eingebuchtet, nach einem Ende verschmälert. Gürtelansicht keilförmig. Zahlreiche Individuen mit einander verbunden zu einem Kreis oder selbst über einen Kreisumfang zur Spirale oder Schraube (*Meridion*). Die Kette zerklüftet sich in die Einzelzellen oder in Bänder, welche einen größeren oder kleineren Theil des Kreisumfanges einnehmen (*Meridion*).

b) Nach der Querebene afymmetrisch.

16° Ohne innere Diaphragmen.

Tabellarieen. Schale lineal, in der Mitte eine stärkere spindelförmige Anschwellung. Gürtelband rechteckig. Leben in Colonien, Individuen getrennt oder an den Kanten zu Zickzacklinien, welche in der gemeinsamen Gürtelbandebene liegen, verbunden. Hierher *Tabellaria* nach *RABENHORST* und dieselbe Gattung, weiter aber auch *Grammatophora*, *EHRB.*, und *Rhabdonema*, *KZG.*

17° Mit inneren Diaphragmen.

Licmophoreen. Keilförmige Gürtelbandansicht, mehrere Individuen fächerförmig vereinigt auf verzweigtem Gallertftiel. Nach *PFITZER* gehören hierher: *Podosphenia*, *KZG.*, *Rhipidophora*, *KZG.*, *Climacosphenia*, *EHRBG.*, *Licmophora*, *AG.*

II. Centrifische Formen, eine Mutterzelle bei der Sporenbildung.

a) Schalen mit zygomorpher Gestaltung.

18° Schalen bilateral, flach.

Biddulphieae. Die Zeichnung der Schale strahlt von einem Mittelpunkt aus. Der Umriß der Schale nach einer Linie fymmetrisch, in Zickzacklinien geordnete, in den Kanten der Diagonale verbundene Individuen, Meeresbewohner. *Biddulphia*, *Isthmia*.

19° Schalen polygonal.

Anguliferae, *KZG.* Schale dreieitig, *Triceratium*, vierseitig, *Amphitetras*, mit z. Th. strahliger Zeichnung, zierlicher Felderung, Meeresbewohner, in Ketten und isolirten Individuen.

20° Schalen kreisrund mit in ein Polygon geordneten Anhängeln.

Eupodisceae.

21° Zellen meist frei mit mittlerem Plasmastrang.

Coscinodisceae. Schalen kreisförmig nach 3, 5, 8, 9 Radian gestreift oder gefeldert. Meist Meeresbewohner. *Coscinodiscus*, *Actinoptychus*, *Cyclotella*.

22° Zellen zu Fäden verbunden, ohne mittlere Plasmaanhäufung.

Melofireen. Cylinderketten, welche aus Zellenpaaren bestehen. Die Paare sind durch Gallertplatten verbunden. Schalenansicht ein Kreis. Die Auxosporenbildung vollzieht sich in der Kette. Die Zelle theilt sich und bildet eine einzige Tochterzelle durch Vollzellbildung, diese schwillt zur Kugel an und zerreißt die Schalen der Mutterzelle (genauere Angaben f. *PFITZER* a. a. O., S. 131 ff.), *Melosira*, *Orthosira*. (*RABENHORST* rechnet noch *Cyclotella* und *Campylodiscus* hierher.)

c) Lebensweise.

Die *Bacillariaceen* leben gesellig in Colonien von Kugelgestalt, welche durch Gallerthüllen zusammengehalten werden, oder sie sind zu vielen Tausenden in dendritische Bahnen mit reicher Verzweigung geordnet. Mikro-

mega, f. Atlas von KÜTZING. Sie besiedeln mit Gallertfäden andere Wasserbewohner, so die Conferven, Charen u. a. m. Sie dringen in die Schläuche der Utricularien, wo sie sich reichlich durch vegetative Theilung vermehren.

Die getrennten Zellen schieben sich aneinander vorbei und lagern sich treppenartig, Bacillarien. Sie sondern eine einfache oder bei marinen Arten selbst verzweigte Gallertröhre ab, in welcher die kiefelschaligen Zellen einzeln reihenweise liegen, so die Encyonemeen. Die Achnantheen bilden einen langen an Wasserbewohnern wurzelnden Gallertstiel, an welchem ein- und mehrzellige vegetative Colonien sitzen. Die Tabellarien zerklüften sich in die Einzelzellen; diese aber bleiben in Zickzacklinien vereinigt, indem immer eine Zelle die andere in der Kante allein berührt; die Berührungskanten wechseln in den Diagonalen der Zellen. Eine große Anzahl isolirt lebender Bacillarien zeigt eine selbständige Bewegung, die kahnförmigen Individuen gleiten mit steter Geschwindigkeit wie ein ruhig schwimmendes Schiff gradlinig durch das Wasser, vor- und rückläufig ohne auffällige Drehung des Schiffes um die kurze Axe. Bei dieser Bewegung werden kleine im Wasser suspendirte Körperchen, Farbethelchen, etwa in der Nähe der Schalen festgehalten, wohl auch in einer nahen Zone um den Körper der Bacillarie fortgeschoben. Wahrscheinlich sind es flossenartige Plasmaausstülpungen, welche aus den Fugen oder den Spalten der Schalen hervorragen und flimmernde oder flossenartige Bewegungen im Wasser ausführen. Das Lichtbrechungsvermögen dieser Plasmaausstülpungen ist indeß so wenig verschieden von demjenigen des Wassers, daß sie nicht gesehen werden können¹⁾.

Die zahllosen Formen der Diatomeen der Fadenalgen, welche als Arten beschrieben sind und bei welchen das Kriterium für den Artcharakter lediglich in der Größe gefunden wurde, werden später jedenfalls vereinigt werden zu einer geringeren Anzahl von Stammformen, zu welchen sie nur Varietäten oder Bastarde darstellen.

Von jetzt ab sind zwei Richtungen im Bildungstrieb, welche bisher unvermittelt stehen, zu beobachten. Die geschlechterzeugenden festgestalteten Zellen differenziren sich formbeständig mit verschiedener Gestalt, während das vegetative System noch als einfache Zelle oder als einfache Zellenkette verharret. Die geschlechtliche Differenz erhebt sich, während die vegetative Gliederung nicht gleichen Schritt hält, und andererseits erhebt sich in vielen Algen die vegetative Gliederung, während die geschlechtliche Differenz in der äußern Form der Apparate nicht gleichen Schritt hält.

¹⁾ Vielleicht gelingt dieß im verbesserten Schlierenmikroskop, f. Bd. I, S. 168.

§ 6. Cylinderketten, ungleichwerthige Glieder.

Als Maßstab der Erhebung wurde der Grad der Fähigkeit angenommen, welche eine Zelle besitzt, sich zu verzüngen. In den früheren Formen trat in dieser Hinsicht eine auffallende Gleichartigkeit zu Tage, wensschon bei der Copulation der erste Schritt zu erhöhter Differenz angedeutet ist, z. B.

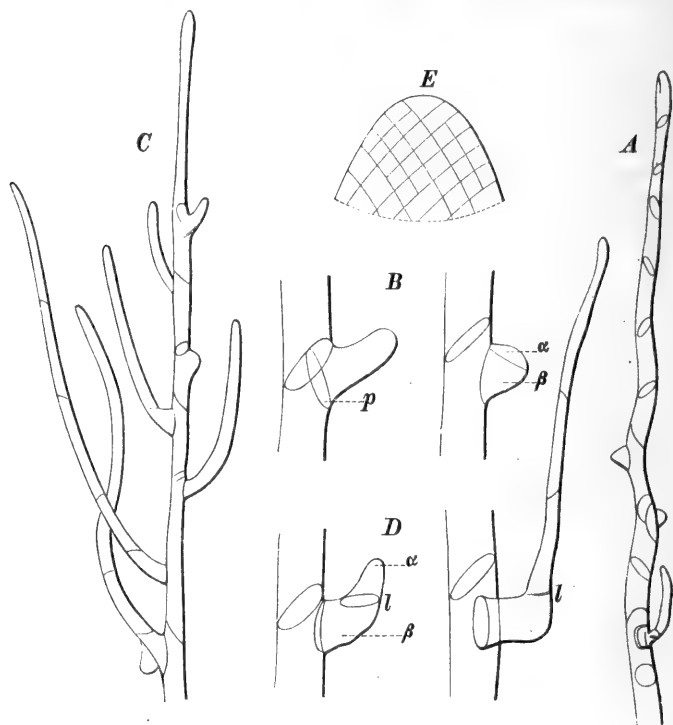


FIG. 45. *A* Zweigvorkeim von *Bryum argenteum* (Musc), eine Zellenkette, welche aus der Oberflächenzelle eines fertig differenzierten Moostammes sich entwickelte, die Scheidewände sind wechselnd nach verschiedenen Richtungen geneigt, so daß sie als Ellipsen und als Kreise erscheinen. *B* Zweigvorkeimparthieen von *Barbula ruralis*, bei β die Wand, welche sich fast rechtwinklig zur Papillenaxe an die Gliederwand ansetzt, beide sind elliptisch verzeichnet, α akroskope Papillarzelle, β basilikope Papillarzelle, *l* die Basilarwand, rechts hat sich ein Vorkeimzweig entwickelt, welcher dem Blatte in der Moospflanze entspricht. *C* *Barbula muralis*, oberirdischer Vorkeim, an dem untersten Zweig ist die erste Wand einer Knospenanlage angedeutet. (Nach MÜLLER [Thurgau], die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmoose. Leipzig. Engelmann. 1874.) *E* Schema der Theilungen im Scheitel eines Moosblattes, bei *E* die Scheitelzelle, zu welcher die Zellen höheren Grades nach links und rechts geneigt sind.

bei *Spirogyra*, wo in einer Zellenkette aggressive und passive Zellen vorkommen können.

Man hat es hier immer noch mit unverzweigten Cylinderketten zu thun, in welchen eine gegebene Zelle eine andere Function übernimmt als ihre beiden Nachbarn. An und für sich ist klar, daß hier sowohl

vegetative als auch sexuelle Unterschiede zu beachten sind. Zugleich aber muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Zweigbildung aus der Cylinderkette dann hier schon hereingezogen werden muß, wenn nicht jedes Zellenglied der Hauptkette im Stande ist einen Zweig zu bilden. Als morphologische nächste Stufe der Gliederung erhält man:

1° die ungleiche Fähigkeit der in einer Cylinderkette liegenden Zellen, Zweige zu bilden. Schon aus mechanischen Rücksichten muß eine Beschränkung in der Zweigbildung eintreten (Raummangel). Es kommt indeß doch in einzelnen Formen vor (*Codium tomentosum*, *Chara*), daß die Zweige dicht gehäuft stehen;

2° die ungleiche Fähigkeit der Zellen in der Kette, Oogonien und Antheridien zu bilden (*Oedogonium* als Beispiel);

3° Dioecie, ein Faden wird männlich, der andere weiblich;

4° Rückschläge in den Fadenalgentypus von höheren Pflanzen aus (Moose).

Beginnen wir mit diesen, indem wir hier voraussetzen, daß die Moose aus Propagationszellen zunächst einen Cylinderfaden bilden, welcher sich verzweigt und so das Protonema bildet, ein Zweigsystem nach dem Algentypus, in welchem die einzelnen Glieder morphotisch ungleichwerthig sind.

Die aufeinanderfolgenden Generationen der Zellen nach dem Schema Fig. 45 übernehmen:

1° verschiedene vegetative Functionen, welche im Beginne nicht, später aber zum vollen Ausdrücke kommen. Hierher ist zu rechnen nach MÜLLER's (Thurgau) Untersuchungen das Protonema der Moose (f. Tabelle oben S. 46).

Wir haben es im Sporenvorkeim zu thun mit einem Rückschlag nach dem typischen Bau der Fadenalgen und im Zweigvorkeim mit einem ähnlichen Rückschlag höherer Ordnung¹⁾, da hier ein vegetativer Zellenab-

1) Die Moose sind in gestaltlicher Beziehung von den Algentypen außerordentlich verschieden. Sie zeigen aber wenigstens in dem aus der Spore durch vegetative Theilung hervorgehenden Vorkeim algenähnliche Formen. Die Laubmoose erzeugen durch vegetative Gliederung aus den beblätterten Zweigen ähnliche Vorkeime, an welchen durch weitere Gliederung neue beblätterte Moospflänzchen entstehen. In der geschlechtlichen Generation besitzen die Moose geringen Anschluß an die Algen. Als Schema der Verjüngung erhalten wir:

Spore Vorkeim

⋮

Seitenzweige an diesem der ersten bis *n*ten Ordnung, an einem der Seitenzweige die Anlage der meist perennirenden Pflanze, an dieser wieder aus der Rindenzelle der Zweigvorkeim, an diesem endlich als vegetative Knospe die beblätterte Pflanze u. f. f.

kömmling wieder ähnliche vegetative Proceſſe ausführt, wie dieß die keimende Moosspore thut.

Jede Kette, jeder Zweig in dem System, Fig. 45 *A* und *C*, zeigt alternirende Seitenzweiglein, jede Auszweigung letzter Ordnung zeigt wechselnd nach links und rechts geneigte Wände, nach dem Schema für die Theilung im flachen Moosblatte geordnet (f. weiter unten. Es ist Fig. 45 *A* und *B* mit Fig. 45 *E* zu vergleichen);

2^o erhebt sich der Gliederfaden in dem Sinne, daß ein Individuum streng männliche, das andere streng weibliche Zellen ausbildet, Fig. 46, 47.

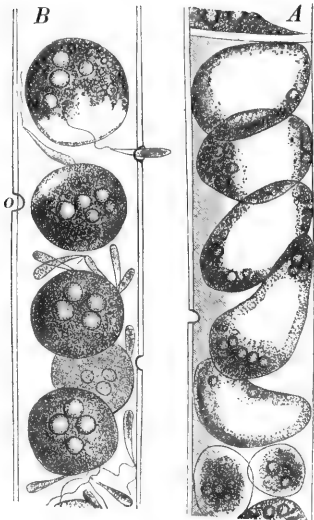


FIG. 46. *Sphaeroplea annulina*. *A* eine weibliche Zelle mit zahlreichen Oosporenanlagen. *B* dieselben werden durch Spermatozoiden befruchtet, die bei *o* eindringen.

1. Sphaeropleen.

Es möge die *Sphaeroplea*¹⁾ hier als Beispiel gewählt sein. Die männliche Zelle, Fig. 47, zerklüftet sich in eine außerordentlich große Anzahl von Spermatozoiden, spindelförmige mit zwei am spitzen Ende stehenden Cilien versehene Plasmakörper, welche die Mutterzelle durch einen Porus in der Wand verlassen und in die weibliche Zelle durch einen ähnlichen Porus eindringen, Fig. 46 bei *o*. Die weibliche Zelle differenzirt vor der geschlechtlichen Mischung ihren Plasmakörper in viele Oosporen,

Die Sphaeropleen werden von den Systematikern in den Verwandtschaftskreis der Confervaceen zusammengestellt, in diesem aber befinden sich jedenfalls mehrere Familien, welche unter sich gar keinen genetischen und gestaltlichen Anschluß haben. Um in der

¹⁾ *Sphaeroplea* steht im System unter den Coniferven, wird aber nach der Entwicklung zu einer selbständigen Algengattung beziehentlich Familie zu erheben sein. Die Geschlechtszellen sind bei den Sphaeropleen den vegetativen ähnlich. Es sind unverzweigte cylindrische Zellenketten mit großen Vacuolen im Protoplasma, Fig. 47, 48. Diese Vertheilung des Protoplasma vergeht vor der Bildung der Geschlechtszellen. In dem weiblichen Faden bilden sich zahlreiche Keimbläschen. Die Wand der Cylinderzelle erhält Poren, durch welche die Spermatozoiden eindringen, *o* Fig. 46. Die männliche Zellenkette zerklüftet den Wandbeleg des Protoplasmas in zahlreiche Spermatozoiden, welche den Faden verlassen. Die befruchtete Keimzelle (Oospore) erhält eine derbe doppelte Membran, sie ruht und entläßt nach der Ruhezeit zur Keimung mehrere Zoosporen, welche mit zwei Cilien versehen im Wasser schwärmen, sich endlich beruhigen und zu einer spindelförmigen Zelle auswachsen, die beiden spitzen Endzellen an diesem Gebilde werden abgestoßen. — COHN, *Développement du Sphaeroplea annulina*. *Ann. d. sc. nat. Bot.* IV. S. V. Bd. S. 187. Königl. Ak. d. Wissensch. Berlin. Mai 1855, hier ohne Tafeln.

nachfolgenden Schilderung der gestaltlichen Erhebung im Zusammenhang mit den Betrachtungen der Systematiker zu bleiben, möge hier eine Gruppierung der Hauptfamilien vorgelegt sein:

2. Confervaceen.

I. Sphäropleen: Gliederfäden unverzweigt. Jede Zelle mit breitem Chlorophyllband. Männliche und weibliche Zellen mit zahlreichen Spermatozoiden und Eizellen. Die befruchtete Eizelle hüllt sich ein, bildet bei der Keimung vier Zoosporen, welche nach dem Schwärmen zum vegetativen Faden auswachsen. (Entwicklungsgeschichte abgeschlossen.)

II. Glöosphären: unverzweigte kurzgliedrige Fäden, Chlorophyll gleichmäßig vertheilt, Fortpflanzung durch den Zerfall in die vegetativen Glieder, nachdem diese zu Sporen angeschwollen sind. [Glöosphæra, RABENHORST; Glæotila, KZG. gehören jedenfalls zu den Schizophyten.] (Entwicklungsgeschichte nicht abgeschlossen.)

III. Conferven: hier sind unverzweigte Mikrospora, Conferva, Rhizoclonium und unverzweigte Cladophora, Chandransia und Chroolepus zusammengestellt. Die Vermehrung ist bei einigen durch Zoosporen bekannt, die geschlechtliche Vermehrung im Allgemeinen unbekannt (f. unten).

IV. Oedogonien: die geschlechtliche Generation bekannt. Entwicklungsgeschichte bis auf die Keimung der Oosporen abgeschlossen (Oedogonium, Bulbochæte, f. im Text unten).

V. Ulothricheen (Ulothrix): cylindrische aftlose Zellenfäden oder verzweigt. In strahligen Colonien (Chætophora), Entwicklungsgeschichte bei einigen bekannt: Ulothrix, KZG., Hormidium, KZG., Schizogonium, KZG., Mikrothamnion, NÄG., Stigeoclonium, KZG., Draparnaldia, DE BARY, Gongrosira, KZG., Chlorotylum, KZG., Coleochæte, BRÉB., Chætophora, SCHRANK.

VI. Ulvaceen: flache vielgestaltige Lager, grün und roth, vegetative Entwicklung nicht bekannt. Süßwasserformen: Proto-derma und Prasiola; Meeresformen nach NÄGELI: Enteromorpha und Porphyra, nach ENDLICHER: Tetraspora, Bangia, Stigonema, Zigno-ua, Ulva, Porphyra.

Mit Bestimmtheit müssen aus diesem Verwandtschaftskreis herausgenommen werden alle in den letzten Jahrzehnten genauer untersuchten Formen zu selbständigen Formenkreisen (Familien):

- 1° Sphäropleen (f. im Text);
- 2° Oedogonien;
- 3° Cladophoreen;
- 4° Draparnaldien;
- 5° Ulvaceen.

Wir legen in Hinsicht der Ulvaceen das Hauptgewicht darauf, daß die Flächenkörper, wie sie dieser Formenkreis darstellt, überhaupt höher in der natürlichen Verwandtschaft zu ordnen sind¹⁾.



FIG. 47. Sphæroplea annulina. Der Plasmakörper in zahlreiche Spermatozoiden zerklüftet, die bei o austreten.

¹⁾ J. VON HANSTEIN ordnet die Algen in einem für Vorlesungszwecke zusammengestellten Schema in drei Stufen, unter der Voraussetzung, daß ein genetischer Zusammenhang bestehen müsse:

3. *Ulothrix zonata*.

Für *Ulothrix zonata* liegt in der neueren Literatur eine eingehende monographische Arbeit von DODEL-PORT vor. Nach dieser enthält *Ulothrix* drei verschiedene Generationen. Die Fadengeneration: unverzweigte, kurzgliedrige Zellenfäden, in welchen man leicht die aufeinanderfolgenden Zellengenerationen, bis etwa zur dritten, an den etwas gallertartig gequollenen Zellhäuten, an drei ineinandergeschachtelten Convoluten erkennt. Diese sind auf ungeschlechtlichem Wege aus Zoosporen entstanden. Sie sind verschieden in Bezug auf ihre Abstammung. Sie bestehen aus Fäden, welche von Makrozoosporen entstanden sind, vorzugsweise im Herbst und Winter die Art erhalten und vermehren, und der zweiten oder Mikrozoosporengeneration, welche an die vorhergehende anschließt. Die entlassenen Mikrozoosporen entwickeln sich nach dem Schwärmen sofort zu einem wurzelnden, gegliederten, langsam heranwachsenden Pflänzchen, wenn der geschlechtliche Act verfehlt wurde. Kommen die Mikrozoosporen aber zur Copulation, so ziehen sie zunächst die Cilien ein, umziehen sich mit einer festen Membran, der rothe Pigmentkörper geht verloren. Die Membran bildet einen kurzen cylindrischen Wurzelschlauch. Die Vegetationsproceßse sind von nun ab außerordentlich verlangsamte. Die Zygosporen ruhen und keimen in der nächsten Vegetationsperiode nach mehreren Monaten. Sie theilen sich in mehrere (bis zu 10—12) Zoosporen, welche zum Theil schon in der kugligen Schale der Zygospore keimen.

Auch die Mikrozoosporen keimen, häufig schon in der vegetativen Zelle, zu kleinen Pflänzchen, welche vor dem Austritt aus dem Schlauch drei- bis vierzellig und von spindelförmiger Form sind. Stellen wir, soweit der Umriss dieses Handbuchs es gestattet, die von DODEL¹⁾ gefundenen Entwicklungsgeschichten in der Zeit und mit Berücksichtigung der Formen zusammen.

Ein Rafen von *Ulothrix* enthält verschiedene Cylinderfäden, lang- und kurzgliedrige. Die ausgebauchten Glieder theilen sich in zwei, vier, acht, oder indem in der geometrischen Reihe in einer der Zellen die Theilung unterbleibt, auch in drei und sieben Zellen. Die längergliedrigen und meist geradläufigen Fäden bilden in je einer Zelle zwei Makrosporen, welche die Cylinderwand durchbrechen und ausschwärmen. Die Propagation ist hierdurch von einem einzigen Rafen aus eine unermessliche. Die Makrospore ist ein sphärischer, hüllenloser Plasmakörper mit vier am spindeligen Ende entspringenden Cilien, einer pulsirenden Vacuole und einem linienförmigen, rothen Pigmentkörper, sonst fast homogen bis auf das hyaline Cilienende mit Chlorophyll versehen. Die Keimung der Zoospore geht kurze Zeit nach dem Schwärmen vor sich. Die Cilien werden eingezoogen. Das Cilienende wird zum Wurzelsfaden, so wie bei den Mikrozoosporen.

Schema der Evolution für den Uebergang von einem nach dem zweiten Jahre (nach DODEL's Untersuchungen):

I. Untere Stufe.

Urform: Protococcaceen.

Bacillariaceen, Conjugatae, Palmellineen, Siphonier, Nostochineen.

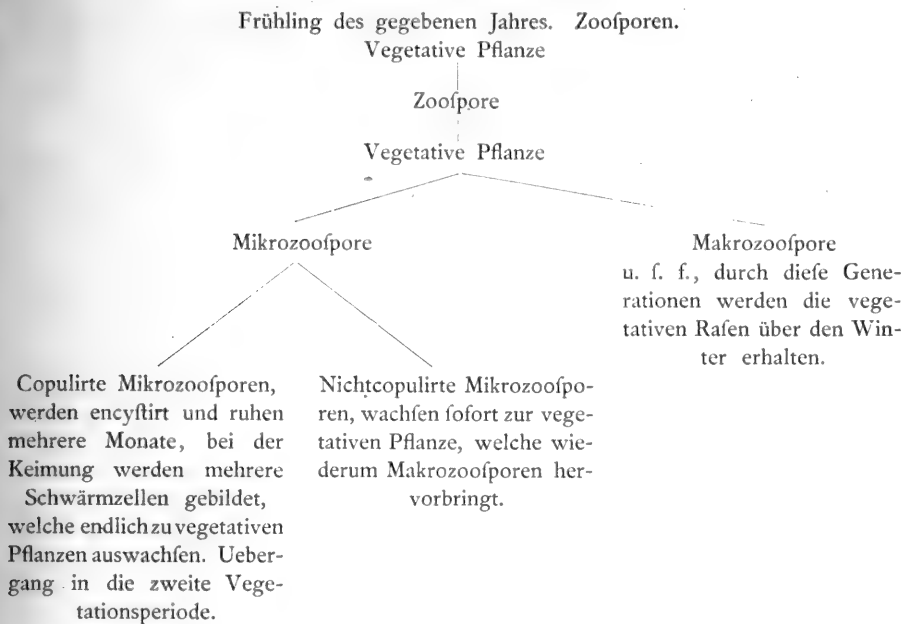
II. Mittlere Stufe.

Urform: Confervineen.

Ulvaceen, Confervaceen, Chätophoreen, Coleochäten, Sphäropleaceen, Oedogoniaceen.

Obere Stufe, s. weiter unten bei Florideen.

¹⁾ Eine Arbeit, welche, wie der Herr Verfasser berichtet, fortlaufend über vierzehn Monate sich erstreckt.



§ 7. Cylinderfäden, Antheridien und Oogonien einfachsten Baues.

1. Vaucherien.

Die morphotisch höhere Gliederung kommt in der vegetativen Anlegung den Vaucherien¹⁾ zu. Der einzellige vegetative Faden, *A* Fig. 48, bildet zwei Zweige, der eine von sphärischer Gestalt, das Oogonium, der andere von Cylinderform, das Antheridium. Das Antheridium, bei *a* durch eine Wand abgechieden, bildet zahlreiche Spermatozoiden, welche in das Wasser entlassen werden. Das Oogonium ist ebenfalls durch eine Wand von dem vegetativen Faden getrennt, es öffnet sich und entläßt zur Zeit der Geschlechtsreife eine Schleimmasse aus der Befruchtungskugel und empfängt sodann die Spermatozoiden. Nach der Mischung umzieht sich die

¹⁾ Der Entwicklungszyclus der in Süßwasser, Bächen und Sümpfen, in großen grünen Rafen, aber auch auf feuchter Erde wachsenden Vaucherien ist dieser: die keimende Oospore bildet aus dem Endosporium, nachdem das Exosporium zerrissen ist, den vegetativen, zunächst einzelligen, zuweilen verzweigten, mehrere Centimeter langen Faden, welcher an der festen Unterlage des Wohnortes, an Steinen, Holzfassungen u. dergl. festwächst. Die Vaucherien sind zum Theil an feuchten Orten erdebewohnend. Eine seitliche Ausstülpung wird zum Antheridium, eine andere zum Oogonium, die befruchtete Oospore ruht und keimt in der nächsten Vegetationsperiode.

Oospore mit einer festen Membran, welche sich in zwei Schalen (das Endosporium und das Exosporium) differenzirt.

Antheridium und Oogonium sind Verwandte ersten Grades zu dem einzelligen vegetativen Faden.

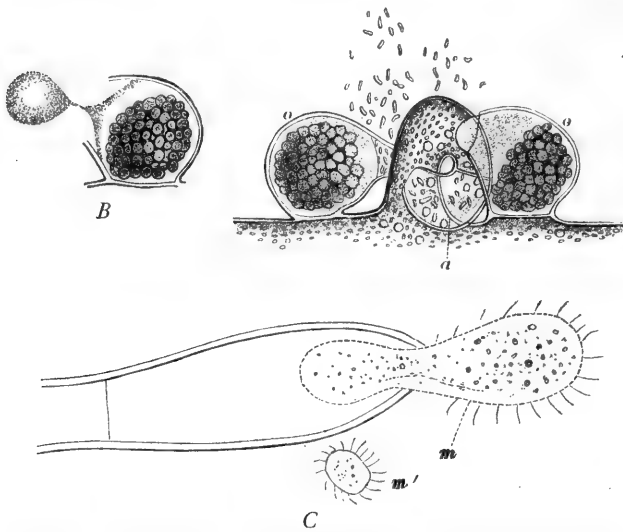


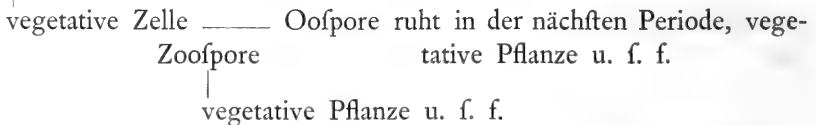
FIG. 48. *Vaucheria sessilis*. A o o zwei Oogonien, a ein Antheridium während der Befruchtung. B das Oogonium öffnet sich und entläßt aus einer Papille eine hyaline Schleimmasse. C austretende Zoospore der Vaucherien.

Der vegetative Faden theilt außer der geschlechtlichen Generation noch Endzellen ab, aus deren Plasmakörper eine Zoospore (f. Syfematik der Algen und Fig. 48) entsteht, welche, aus der Zelle entlassen, eine Zeit lang im Wasser schwärmt, um endlich zu einem vegetativen Faden zu keimen.

In den einfachsten Formen

der Vaucherien ist somit die ganze Entwicklung durch dieses Schema ausgedrückt, wenn wir von einer Oospore der vorhergehenden Generation ausgehen: das Endosporium der Oospore wächst zu einer einzigen cylindrischen Zelle mit oder ohne vegetative Seitenzweige. Durch eine Scheidewand wird eine Mutterzelle für die Zoospore abgeschieden. Seitenzweige der ersten Ordnung werden zu Oogonien und Antheridien:

Oospore



Die Vaucherien sind mit mehreren anderen Formen zu dem Verwandtschaftskreis, Ordnung der Siphoneen zusammengestellt. Nach ENDLICHER:

2. Siphoneae, Schlauchalgen, das Lager (Laub) aus einer verästelten Röhrenzelle ein- oder mehrzellig.

a) Caulerpeen.

Die vegetative Form ist von einem einzigen Zellenhohlraum eingeschlossen, welcher vielfach verzweigt ist. Eine Stammzelle, von der Dicke eines Federkiesels, bildet

Auszweigungen, welche als Wurzeln, andere vielfach verzweigte oder gefiederte, welche als Blatt functioniren. Die Gattung *Caulerpa* ist sowohl was die vegetative Form angeht, als auch in der anatomischen Structur der Zellhaut, eines der interessantesten Objecte unter den niederen Pflanzen. Alle Arten sind durchweg Meeresbewohner¹⁾.

b) Acetabularien.

Einröhrige Algen, Meeresbewohner. Die vegetative Form ist eine Stielzelle, von welcher aus ein Strahlenkranz von Zoosporen bildenden Zellen entspringt. Eigenthümlichste Gattung *Acetabularia mediterranea*, LAMOUR., *Halymeda* verzweigt gegliedert.

Nach anderen Autoren sind die Vaucherieen mit den Botrydiaceen zusammengestellt (f. oben systemat. Zusammenstellung S. 50).

c) Botrydiaceen.

Einzellige, große (bis mehrere Millimeter), kuglige oder birnförmige, an der Erde mit mehreren Ausstülpungen wurzelnde Zelle, in Colonien, welche sich durch Keimzellen vermehren. Diese entstehen durch freie Zellbildung des Plasma der Mutterzelle und werden nach dem Vergehen der Mutterpflanze frei. *Botrydium*, WALLROTH, Traubenalge, auf feuchten schlammigen Orten, Aeckern, Sumpfrändern u. a. m.

NÄGELI stellte in dem von ihm entworfenen Algensystem die Vaucherieen mit den Bryopsideen zusammen. (Neuere Algenysteme. Zürich, Fried. Schultheß. 1847.)

d) Bryopsis LAM.²⁾

Diese Meeresalge ist eine typische Form, einzellig mit zahlreichen Auszweigungen bis zur dritten Ordnung. In der anatomischen Structur ist ein Anschluß an *Caulerpa* durch die an der Wand entspringenden Zellstoffbalken vorhanden. Die Zweige zeigen Spitzenwachsthum und bilden in akropetaler Folge die begrenzt wachsenden cylindrischen Zweigausstülpungen (Blätter). In diesen entstehen die Zoosporen. Die Wuchsform der mehrere Centimeter langen Pflänzchen erinnert an den pyramidalen Bau der Fichte.

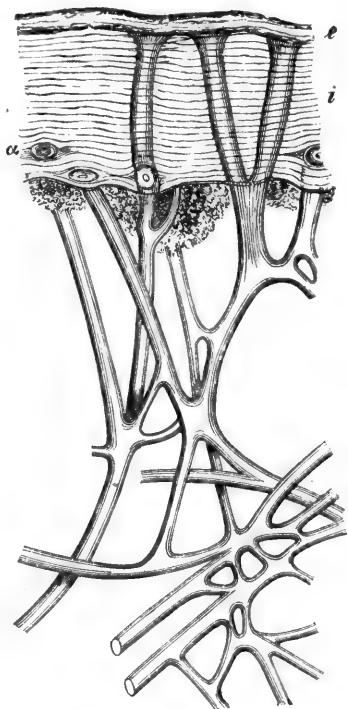


FIG. 49. *Caulerpa prolifer*. Querschnittsparthie der Stammzelle. (SCHACHT, Ueber Zellstoffbalken. PRINGSH. Jahrb. Bd. III, S. 339.)

¹⁾ Die Figur 49 veranschaulicht die anatomischen Verhältnisse der Stammzelle der *Caulerpa prolifer*. Läßt man das Flächenstückchen *e i* der Membran wandern bis es einen Kreis beschreibt, so erhält man den Ringquerschnitt der Stammzelle, die Membran ist in diesem in zwei Schichten, *e* Exine, *i* Intine, differenzirt. In der Nähe von *e* entspringen die Zellstoffbalken, welche vielfach verzweigt durch den Hohlraum der Zelle verlaufen und dort ein Gerüst zur Befestigung des Systems herstellen. Die Schichtenconvolute der Stammzelle stehen nicht in Verbindung mit den Schichten der Zellstoffbalken.

²⁾ PRINGSHEIM, Ueber die männlichen Pflänzchen von *Bryopsis*. Sep.-Abdr. aus dem Berliner Akad.-Ber. (f. oben Literaturzusammenstellung).

Vor der Bildung der Schwärmsporen schließen sich die Fiederäste der ersten und zweiten Ordnung durch die Bildung einer nachträglich entstehenden Zellwand von den tragenden Zweigen ab, das Protoplasma gruppirt sich in netzförmigen Zeichnungen und zerfällt schließlich in die Makro- oder Mikrogonidien. Jede dieser Fortpflanzungszellen ist an eine besondere Pflanze gebunden (Dioecie). Die Mikrogonidien sind schmalspindelig, an dem spitzen Ende der Spindel mit zwei Cilien und einem sphärischen Pigmentfleck am stumpfen Ende. Die Makrogonidien breitspindelig, am Cilienende hyalin, am entgegengesetzten Ende mit Chlorophyll und einem rothen Pigmentkörper. Die Copulation beider Sporenformen ist nicht mit Sicherheit bekannt. Die Makrogonidien hüllen sich in eine kuglige Zellhaut, nachdem sie die Schwärmzeit hinter sich haben, und keimen nach einiger Ruhe zu vegetativen Pflanzen aus.

§ 8. Cylinderfäden, nächste Erhebung der Geschlechtsapparate, Oogonien, die Antheridien z. Th. aus Zwergmännchen.

1. Oedogonium.

Von jetzt ab steigert sich der morphotische Unterschied der beiden Geschlechter mehr und mehr, indeß bei stetem Vorkommen von geschlechtsloser Verjüngung. Die letztere sei zunächst bei Oedogonium¹⁾ geschildert.

Die junge Keimpflanze öffnet mit einem zierlichen Klappenapparat den festen Schlauch und entläßt einen hochorganisirten Schwärmer, die Zoospore, welche im Wasser mit Hilfe eines Wimperkranzes schwärmt, sich endlich an den Ufern mit einem Wurzelende festfiedelt. Die Zellmembran wächst, entläßt bald wieder die ganze Plasmamasse als Zoospore der zweiten Ordnung oder wächst zum vegetativen Faden aus²⁾ (Theilung der Oedogonien, f. Bd. I, § 10, S. 60).

Die vegetative Zellkette bildet aus bestimmten Zellen Oogonien, aus andern Antheridien oder schwärmende Androsporen, von welchen als Abkömmlinge höherer Ordnung die männlichen Keimerreger ausgehen.

Zuerst tritt hier ein Klappenapparat, *A* Fig. 50, auf durch ein unregelmäßig ringförmiges Zerreißen der Zellwand. Durch diesen wird die männliche Geschlechtszelle frei. Auch das Oogonium öffnet sich durch einen Klappenapparat oder durch die noch merkwürdigere Bildung eines Porus in *A* Fig. 51. Diese Ausbildung der Klappen und Poren geht mit

¹⁾ Die Oedogonien sind Süßwasseralgen mit deutlich differenzirtem Chlorophyllkörper. Die Fäden sind regelmäßig septirt in Cylinderstücke, deren Wachsthum durch Zerreißen der Zellhaut vor sich geht (f. Bd. I, S. 60), genauer untersuchte Gattungen sind Oedogonium und Bulbochate (f. oben Systematische Uebersicht der Algen, S. 50).

²⁾ In den vegetativen Fäden der erwachsenen Pflanze entstehen mehrere Zoosporen. Sie werden frei, indem der Zellenfaden an dem Ende in der Nähe der Querwand zerbricht, Fig. 53.

dem männlichen Apparat durch als Formkeim und kommt später in dem Pollen der Phanerogamen wieder zum Vorschein, so vor Allem in dem Pollen der Oenotheren und der Cucurbita (Bd. I, S. 72).

Bei den Oedogonien ist der schwärmende männliche Keimerreger, Fig. 50, 51, ein viel entfernterer Verwandter, selbst wenn er aus demselben vegetativen Gliederfaden hervorgeht. Bei einigen Arten aber wird die Differenzirung noch weiter getrieben. Die Gliederzellen, Fig. 51, entlassen einen männlichen Schwärmer, welcher nach einiger Zeit des Schwärmens in der Nähe des Oogoniums, *a* Fig. 51, zu einem eigenthümlichen Zwergmännchen festwächst, in welchem die Befruchtungserreger entstehen.

Für den directen Vorgang der geschlechtlichen Befruchtung können wir dementsprechend zwei Reihen unterscheiden:

I. Reihe (ohne Zwergmännchen).

In dem vegetativen Faden entstehen durch vegetative Zelltheilung zunächst mehrere Mutterzellen der Androsporen, deren Plasmakörper sich in schwärmende Mannsporen (Androsporen) umbilden. Diese werden entlassen, schwärmen und schlüpfen sofort in den Raum des Oogoniums.

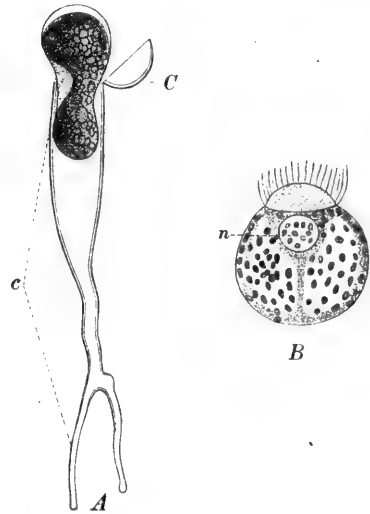


FIG. 50. *A* ist ein späterer Zustand einer soeben gekeimten Schwärmerspore, der protoplasmatische Inhalt verläßt, nachdem ein Klappenapparat *c* geöffnet, wieder die feste Hülle als Schwärmerspore der zweiten Ordnung. *B* freie Schwärmerspore mit dem Nucleus *n* und einem Kranz von Cilien am hyalinen Ende. (PRINGS. Jahrb. Bd. I, Zur Morphologie der Oedogonien.)

II. Reihe (mit Zwergmännchen).

Ein vegetativer Faden bildet neben den langgliedrigen Zellen kurzgegliederte, in welchen die Androsporen entstehen. Die ausgechlüpfte Androspore gelangt in die Nähe des in der Ausbildung begriffenen Oogoniums, bildet ein männliches Pflänzchen (Zwergmännchen), welches sich an dem Oogonium ansiedelt. Es gliedert sich in mehrere Zellchen, deren Inhalt als ein mit 2—4 Cilien versehener Keimerreger entlassen wird. Dieser schlüpft durch einen Porus in das Oogonium, zerfließt an der Peripherie der Plasmamasse oder dringt in diese ein. Hierauf umzieht sich diese (als Oospore) mit einer festen Membran.

Die Keimung der Oospore ist bei Oedogonium nicht bekannt, dagegen bei der ähnlichen Bulbochæte, hier wird die äußere Membran

geprengt, der Inhalt segmentirt sich in der inneren in vier Schwärmförmigen, welche nach kurzem Schwärmen keimen.

Histologische Züge.

Von histologischem Interesse ist in der Entwicklung der Algen darauf hinzuweisen, daß die Zellhaut in verschiedener Weise zum Zerreißen gebracht wird, Fig. 53. Sie quillt zur Zeit der Geschlechtsreife und verliert ihre Festigkeit, so daß die ebenfalls quellende Masse der austretenden Schwärmzellen, Spermatozoiden, Zoosporen und Oosporen der Fucaceen an dem Ort des geringsten Widerstandes den Zellenraum verlassen können, oder sie bricht mit glatter Ringstelle ab, so bei den Oedogonien. Dieses klappenartige Zerreißen kommt später hier und da in den Pollenzellen der Phanerogamen nochmals vor. Das Wachstum innerer Zellhäute, nachdem die peripheren mit glatter Bruchfläche zerrissen sind, kommt nochmals vor bei *Diphyscium foliosum* in den Paraphysen. Es ist beachtenswerth, daß in diesen in der Nähe der Geschlechtsapparate stehenden Cylinderketten ein histologischer Zug zum Ausdruck kommt, welcher zur Entwicklung der Geschlechtsapparate der Moose in gar keiner erweislichen Beziehung steht, während er bei den Algen eine bedeutende mechanische Rolle spielt (s. Fig. 175, Bd. I d. Hdb.). Auch die Durchwachsung entleerter Zellen ist eine bei den Algen häufig vorkommende Erscheinung, welche nur noch an den Wurzelhaaren der Marchantieen in neuer Zeit von Kny beobachtet wurde, in allen höheren Verwandtschaftskreisen nicht mehr vorkommt.

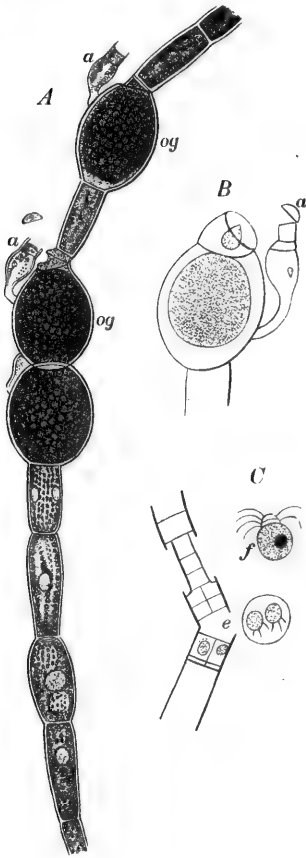


FIG. 51. *A* ein Theil eines jungen Pflänzchens von *Oedogonium ciliatum*, zwei befruchtete Oögonien *og*, zwei Zwergmännchen *a*. *B* ein Oögonium unmittelbar nach der Befruchtung, *a* das Zwergmännchen, welches die obere Zelle mit einem Deckel geöffnet und von dort einen Befruchtungskörper entlassen hat. *C* Oögonium gemelliparum, männliches Pflänzchen, in *e* tritt eine Zelle mit zwei Samenkörpern aus, in *f* ein schwärmender Samenkörper.

2. *Bulbochæta*, Agardh.

Diese in dem Sexualacte mit *Oedogonium* zunächst verwandte Gattung zeigt schon eine erhöhte Differenzirung. In dem vegetativen Körper finden

sich Zweige verschiedenen Ranges. Die Zweige ersten Ranges sind Cylinderketten, welche sich an dem basiskopen Ende der Zelle des tragenden Astes

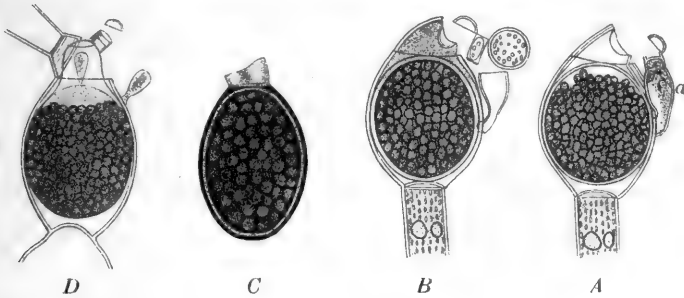


FIG. 52. *Oedogonium ciliatum*. *A* Oogonium mit dem ansetzenden Männchen *a*, wenige Stunden nachdem dieses seinen Deckelapparat geöffnet und ein Spermatozoid in die Oogonienmündung entsendet hat. *D* Oogonium im Moment der Befruchtung. *B* 60 Stunden nach der Befruchtung. *C* völlig reife von dem Mutterfaden abgefallene Oospore. (PRINGSB. Taf. IV, B. 1.)

von Neuem verzweigen. An den Zweigen der letzten Ordnung dieser entspringen an demselben Orte kurze zwiebelartig verdickte Zellen, welche in eine lange Borste auslaufen. Die Oogonien entstehen aus den Zellen der

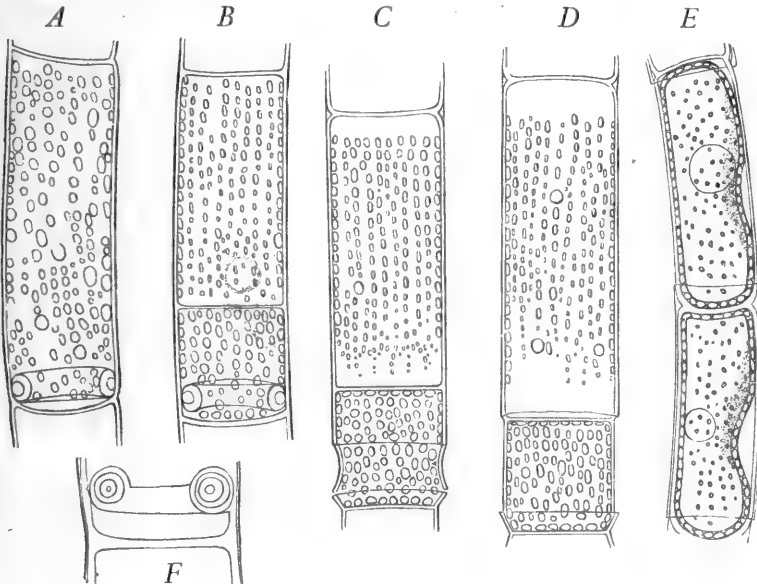


FIG. 53. *Oedogonium tumidulum*. Ein fertig gebildeter Celluloseferring (nach STRASBURGER). *A* die Zelle, welche sich zur Theilung anschickt, hat den Celluloseferring gebildet, *F* bei stärkerer Vergrößerung. *B* die Zelle hat sich getheilt. *C* die Wand ist gerissen, der Ring ist zum Cylinderstück ausgezogen. *D* die Mutterzelle hat sich bis zur Reißstelle gestreckt. *E* zwei Schwärmosporen bildende Zellen, die obere ist die jüngere.

Zweige des ersten Ranges. Die keimende Zoospore von *Bulbochæta* bildet zunächst eine einzige Zelle, welche sogleich in den borstenförmigen Fort-

fatz auswächst, welcher der vegetativen Pflanze ihren eigenthümlichen Formcharakter verleiht. Sodann erst theilt und verzweigt sich der angeschwollene chlorophyllführende Theil der Zelle.

§ 9. Verzweigtes System von Zellenketten.

1. Cladophoren.

Die niederste Stufe zur Erhebung nach dem Baumsystem der Phanerogamen liegt in den nach dem Typus der Cladophoren wachsenden Algen¹⁾ (f. Systemat. d. Algen). Fig. 54 *A* ist eine Zellenkette, in welcher jedes Glied sich nach früher betrachteten Modalitäten theilt. Jedes Zellglied vermag einen Zweig nach und nach auszubilden, *a b c* Fig. 54, welcher sich durch eine zu seiner Axe normal gestellte Querwand von dem tragenden Aste trennt, $\alpha \beta \gamma$. In dieser Weise entstehen zahlreiche Zweigsysteme der Algen, welche zunächst zu den Confervaceen gerechnet werden. — Der nächste Schritt der Erhebung macht sich darin kenntlich, daß das System terminal dichotomisch sich gliedert, und endlich wächst der vegetative Körper mit einer Scheitelzelle derart, daß diese in akropetaler Folge neue Gliederzellen anlegt, aus welchen ebenfalls in akropetaler Folge die Seitenzweige sich differenziren. Indes können die beiden letzten Modalitäten auch in einem System vereinigt sein, z. B. bei *Draparnaldia*, *Chantransia*, *Batrachospermum*. Die Formen, welche sich diesem Verzweigungsmodus unterordnen, nehmen im System indeß verschiedene Stellung ein. Wir erhalten als Beispiele:

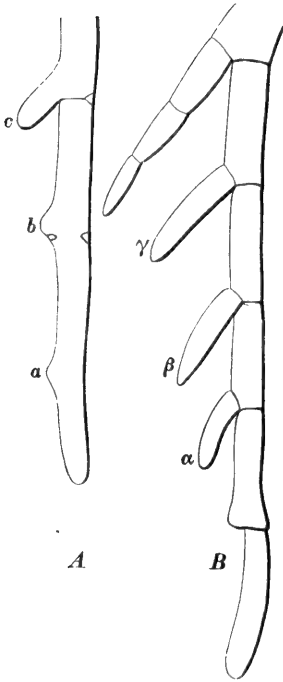


FIG. 54. *Cladophora glomerata*. *A* Zellenfaden, welcher sich zur Theilung anschickt, *a b c* die Stellen, an welchen die Querwände auftreten. *B* derselbe Faden mit den in akropetaler Folge auftretenden Seitenzweigen. Jede Querwand entsteht als Ringleiste, deren optischer Durchschnitt in *b* Fig. *A* dargestellt ist. Gleichzeitig macht sich die Anlage des Zweiges als Wulst bemerklich, welcher über die Cylinderwand ein Weniges vorspringt. (Nach H. v. Mohl, verm. Schriften.)

¹⁾ Die geschlechtliche Vermehrung der in allen Flüssen vorkommenden, verzweigten, in großen Rufen wachsenden Cladophoren ist bis jetzt nicht bekannt. Sie vermehren sich durch Zoosporen und dadurch, daß jede vegetative Zelle sich im geeigneten Zeitpunkt abgliedern und zu einem neuen Individuum ausbilden kann, an welchem sich ein Axen- und ein Wurzelende differenzirt.

2. Uebersicht der Gliederung.

I. Dichotome Gliederung in flachen Lagern aus den Randzellen:

- a) *Phycopeltis*, Palmellaceen, Fig. 58.
- b) *Batrachospermum* in den letzten Auszweigungen.

II. Akropetale Folge der Cylinderglieder, akropetale Folge der Seitenzweige bis zur dritten und vierten Ordnung:

a) *Chantransia*, Desv., Conferven. Gliederfäden verästelt, durch Sprossung in den Gliederzellen in Rafen wachsend. Zellinhalt zum Theil durch das rothe Pigment der Florideen, zum Theil mit Chlorophyll gefärbt, an feuchten Moosrasen, Waldquellen, an Bächen. Die Fortpflanzung geschieht durch Zoosporen, welche an den Endzellen der letzten Auszweigungen entstehen.

b) *Draparnaldia*. Die Pflanze wächst in mehrere Centimeter großen Rafen, das System ist mehrfach verzweigt, die Gliederzellen der höheren Ordnung groß tonnen- oder cylinderförmig, das Protoplasma in einem hyalinen Wandbeleg, in zusammenhängenden Längsbändern, zu einem Gürtel vereinigt. Die Glieder bilden als letzte Zweigordnung büschelig gestellte, spindelförmige Zweige mit borstenförmigem Fortsatz. (Erste Anlage der Kurztriebe, Fig. 57). Das ganze Zweigsystem wurzelt an Steinen in Gebirgswässern und ist von einer hyalinen Gallerte eingehüllt. Vermehrung durch Zoosporen.

c) *Chætophora*. Das System zum Theil in akropetaler Folge ästig, die Zweige der letzten Ordnungen sind dichotomisch gruppiert und wie *Draparnaldia* in den Endgliedern mit einem Borstenfortsatz versehen, wächst in wenig Centimeter großen Rafen, an Holz und höheren Wasserpflanzen wurzelnd. Die Kurztriebe sind nicht so auffallend von den Zellen der Zweige verschieden, wie bei *Draparnaldia*. Die ganze Pflanze ist in eine Gallertmasse eingebettet, in welcher bei einigen sphärische Massen von kohlenfaurem Kalk abgechieden werden. Vermehrung durch Zoosporen mit vier Cilien, welche aus den Gliederzellen der Zweige höherer Ordnung auschlüpfen.

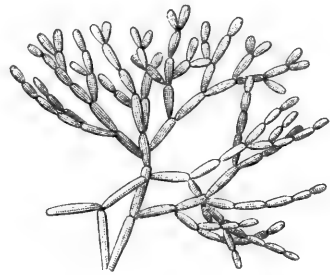


FIG. 55. *Batrachospermum moniliforme* (Florideen). Das Zweigsystem, aus vier Ordnungen bestehend, stellt die letzten Auszweigungen der ganzen Pflanze dar, welche in dem Hauptstamm berindet, etwa aus 10–15 Zweigordnungen zusammengesetzt ist. Die Hauptaxe und die herrschenden Seitenaxen niederer Ordnung wachsen mit terminaler Zelltheilung, wahrscheinlich mit einer einzigen Scheitelzelle.

III. Verzweigte Systeme ohne deutlich akropetale Folge der Glieder und Zweige.

Hierher gehören zahlreiche Formen der Algen, welche unter den Confervaceen zusammengestellt wurden. Wir betrachten hier nur: die Chroolepideen (*Chroolepus*, AGARDH). Die Pflanze ist verästelt in dickwandige Gliederzellen. Ein gelbes Pigment ist an sphärische Plasmakörper (ähnlich den Chlorophyllkörnern) gebunden. Diese Algen leben an Baumrinden und Mauern, sind Luftalgen, entlassen Zoosporen aus Sporangien, welche aus einer Gliederzelle durch Anschwellung entstehen, oder aus besonderen einzelligen Behältern, welche als Seitenzweige aus den Gliedern hervorsprossen. Die Zoosporen bilden Gonidien, welche in dem Flechtenthallus Aufnahme finden.

Eine Pflanze wie *Batrachospermum*¹⁾, von welcher in Fig. 55 nur die Zweige höherer Ordnung graphisch festgehalten wurden, wird in ihrer

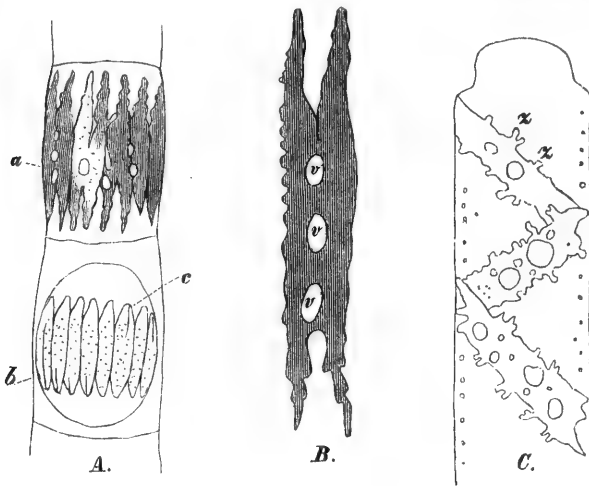


FIG. 56. *A* zwei Gliederzellen der *Draparnaldia*, *a* vor, *b* nach der Behandlung mit verdünntem Glycerin, *c* die contrahierte Hautschicht, Wandbeleg. *B* zwei Bänder chlorophyllführenden Plasmas, aus *A* stark vergrößert, *v v* Vacuolen oder ungefärbte Parthien des Wandbelegs. *C* Theil einer Zelle der *Spirogyra*, ein Schraubenband des chlorophyllführenden Plasmas mit beweglichen sehr kleinen Vorprüngen.

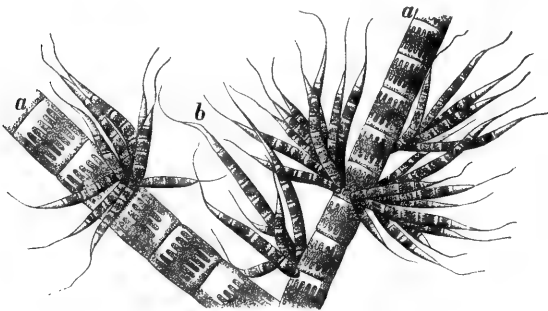


FIG. 57. *Draparnaldia glomerata*. Hauptzweige dritter Ordnung *a*, an welchen Seitenzweige *b*, vierter Ordnung, stehen, welche in haarfeine Fäden auslaufen (Kurztriebe).

Entwicklung auf die Reihe Fig. 58 zurückgeführt werden können, wo in *a* der erste Zustand, *b* beginnende Theilung, *c* vollendete Theilung, *d e f* Wiederholung des Vorganges dargestellt ist. Jede Zweiganlage wächst später durch wiederholte Querwandbildung.

In solchen Zweigsystemen, wie die von *Batrachospermum* und *Draparnaldia*, kann eine Richtung als Axe bevorzugt sein. Die Zweige höherer Ordnung sind schwächer und finken herab in der Verjüngung, das System ist mit ihrer Ausbildung ausgewachsen. Ein solcher Zweig wird zum Kurztrieb²⁾. Wir behalten diese Bezeichnung bei, sie

¹⁾ *Batrachospermum*, in Gebirgswässern, mehrere Centimeter bis Decimeter große, schleimige Algenmasse mit außerordentlich reicher Gliederung, nach den Untersuchungen des Grafen Dr. zu SOLMS-LAUBACH mit den Florideen verwandt (f. weiter unten).

²⁾ Der Ausdruck ist der Morphologie unserer Waldbäume entlehnt, dort bezeichnet man mit «Kurztrieb» jeden Sproß, welcher verkürzte Interfolien zeigt und dadurch gestaltlich von dem Sproß mit langen Interfolien abweicht, gleichgültig, ob der Kurztrieb von langer oder kurzer Vegetationsdauer ist. — Bei den höheren Pflanzen gliedert sich der Vegetationspunkt, so daß zu jedem Blatte ein Axillarsproß angelegt wird. Die Zahl der letzteren wird dadurch so gesteigert, daß es nicht mehr in dem Vermögen des Stockes steht, alle auszubilden. Zwei Stufen der Entwicklung sind hier zu betrachten:

ist in den neueren Monographien von PRINGSHEIM eingeführt, eine genauere Definition wird indeß doch am Platze sein.

3. Der Kurztrieb.

Diese Bezeichnung ist auch bei den Algologen hergeleitet von der kürzeren Dauer der Verjüngungsfähigkeit in der Endzelle oder Scheitelzelle. Ein im Scheitel des Haupttriebes entstandener Seitenzweig functionirt einige Zeit wie der Haupttrieb, bald aber erlischt das Vermögen, in feiner Scheitel- oder Endzelle dieselben Verjüngungen auszuführen, namentlich von Neuem Zweiglein

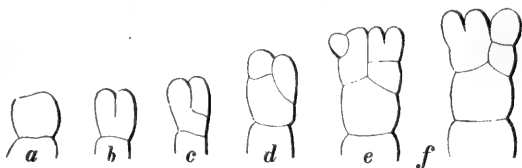


FIG. 58. *Phycopeltis epiphyton*¹⁾. Bruchstück einer Pflanze mit Kalilauge behandelt, um zu zeigen wie sie sich in dichotomische Fäden auflöst. *a* vor der Theilung, *b* mittleres Stadium, *c* nach der Theilung der Scheitelzelle, *d e f* spätere Stadien. (MILLARDET.)

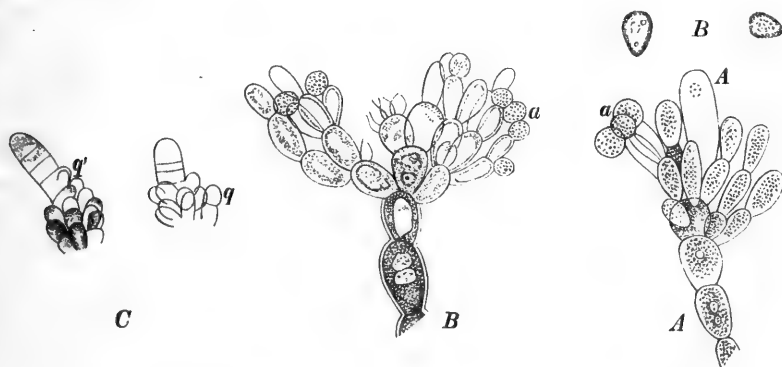


FIG. 59. *Batrachospermum moniliforme*, Classe der Rhodophyceae, Familie der Batrachospermeen, nach SOLMS-LAUBACH. *A* ein Fruchtzweig, dicht gedrängte Kurztriebe zu einem glomerulus (Knäuel) vereinigt. Bei dem Druck auf das gelatinöse Zweigsystem dieser Froschschlauchalge können die glomeruli leicht aus den vegetativen Zweigen hervorgepreßt und isolirt werden. *a* Antheridien, bei *A* ein fehlgeschlagenes Trichogyn, *B* isolirte Befruchtungskörper. *B* dieselbe Pflanze, ähnliches Zweigsystem, bei *a* reife Antheridien, in einem mittleren Endzweiglein vier leere Zellenhäute der Antheridien, aus welchen die Befruchtungskörper ausgetreten sind. *C* Scheitel der Haupttriebe in der Längsansicht, *q* die Quirlanlagen der Seitenzweige.

I. der Axillarsproß bildet nur wenige, 2, 3, 5 Laubblätter und erlischt im ersten Jahre. *Pinus*. Er bildet zahlreiche Laubblätter und erlischt. *Cedrus*, *Larix*. Nur eine kleine Zahl der zu solchen Kurztrieben umgewandelten Axillarsprossen vermögen sich dauernd und durch viele Vegetationsperioden zu verjüngen, werden zu Langtrieben.

II. Der Axillarsproß öffnet und schließt seine Knospe viele Jahre hindurch und bildet alljährlich Laubblätter, die Interfolien sind auffällig verkürzt: die Gattungen *Pyrus*, *Crataegus* und bei den Papilionaceen: *Caragana* als lehrreiche Objecte.

III. Die Blüthe der Phanerogamen ist ein Kurztrieb.

IV. Die vegetativen Zweige der Algen, welche zu Zoosporangien und Antheridien oder Oogonien umgebildet werden, sind Kurztriebe.

V. Die Antheridien und Oogonien (Archegonien) der Charen sind Kurztriebe.

¹⁾ *Phycopeltis epiphyton*, Palmellaceen, von MILLARDET genauer beschrieben.

höherer Ordnung zu bilden. Die End- oder Scheitelzelle (bei den Sphaecelarien z. B.) kann zuletzt selbst sich zu einem Zellengebilde von sehr bedeutender Länge strecken, geht dabei freilich als Scheitel- oder Verjüngungszelle ein. Solche Kurztriebe des Algenkörpers können immerhin bedeutende relative Länge, gegenüber den dauernd thätigen oder Langtrieben erreichen. Es ist somit nicht die Kürze des Maßes, sondern diejenige der Zeit, in welcher der Trieb verjüngungsfähig ist, welche die Bezeichnung definirt.

In der Fig. 59 ist in C der Scheitel des Hauptsprosses von *Batrachospermum* dargestellt. Die Froschlaichalge ist von den niederen Algenformen nach den höheren fortschreitend in der That die erste Form, in welcher eine absolute Differenzirung in der Knospenrichtung stattfindet. Die ersten Ausstülpungen bei q q' sind Anlagen zu den Seitenzweigen, bis zu der fünften und sechsten Ordnung wächst jeder dieser Zweige wie der Haupt sproß, in den höheren und letzten Ordnungen aber, Fig. A und B, geht die Fähigkeit dauernder und gleichartiger Verjüngung verloren, die Zweiglein werden zum Theil in Antheridien und Oogonien (Trichogyne) umgebildet, die Nachbarzweiglein dieser erfahren ebenfalls rückwirkend von dem geschlechtlichen Act eine abweichende Entwicklung in der Zeit und in dem Maß der Ausbildung (s. in den nächsten Abschnitten).

§ 10. Verzweigte Cylinderketten mit akropetaler Folge. Oogonien und Stammzellen nackt oder berindet.

Wir haben nun bei den einfacheren verzweigten Gebilden der Florideen noch zu verweilen, um die sexuelle Generation zu betrachten. Hier kommen Vorgänge in Betracht, welche in aufsteigender Richtung so gut wie gar keinen Anschluß besitzen, weder bei den Charen, Moosen, noch bei Gefäßpflanzen kommt ein ähnlich complicirter geschlechtlicher Act vor, wie bei der von BORNET und THURET untersuchten *Dudresneya*. *Coleochaete* und *Batrachospermum* zeigen einfachere Einrichtungen in dieser Hinsicht.

a) *Batrachospermum*¹⁾.

Die vegetative Gliederung in der Nähe der Endigung eines Astes geschieht durch Ausstülpungen nach dem Schema, Fig. 58, die Quirlanlagen

¹⁾ Graf zu SOLMS-LAUBACH: Ueber die Fruchtentwicklung von *Batrachospermum*, Bot. Ztg. 1867.

treten zuerst als kleine Wäzchen q' über die Oberfläche der tragenden Zellenkette, Fig. 59 C. Die Entwicklung der Seitenzweige geschieht von

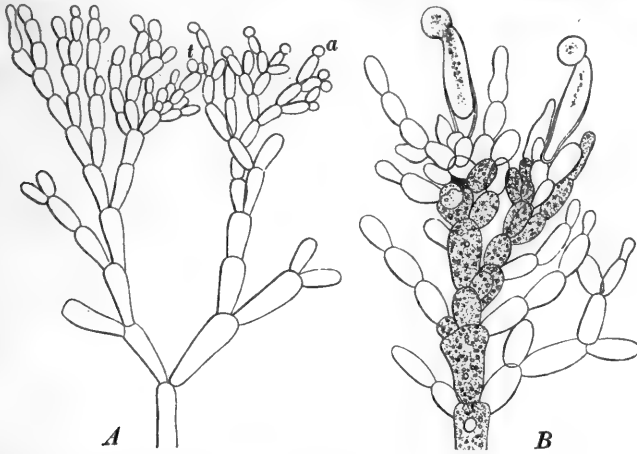
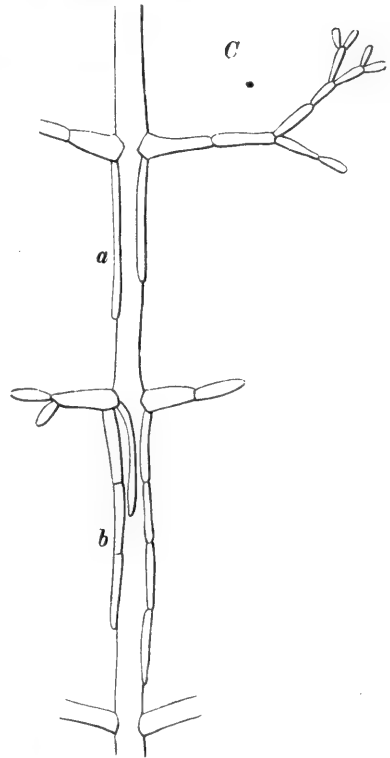


FIG. 60. *Batrachospermum moniliforme*. A Auszweigungen der 5.-6. Ordnung, in den letzten Zellgliedern werden in *a* die Antheridien, in *t* die weiblichen Apparate (Trichogyne) angelegt. B dieselbe Pflanze bei stärkerer Vergrößerung mit drei Ordnungen von Zweigen. Auf dem System befinden sich zwei Trichogyne, das linke vor, das rechte während der Befruchtung, dort haftet ein Samenkörper als kugliche Plasmamasse am Scheitel des Trichogynes. C drei Zwischenquirlstücke, das obere nicht berindet, in den beiden unteren wachsen soeben noch die angeschmiegenen Seitenzweige längs der Stammzelle hin. Die Berindung ist noch nicht vollendet.



dem unteren älteren Theile der Pflanze nach dem oberen jüngeren Theile zu (akropetale Folge). Die bis decimeterlangen vegetativen Körper von *Batrachospermum* sind in den oberen Theilen der Stämme und Äeste nicht berindet. Die Berindung der unteren Zwischenquirlstücke, Fig. 60 C in *a* und *b*, geschieht so, daß von den zahlreichen Äesten eines Quirls mehrere sich an die Stammzelle anschmiegen und mit ihr verwachsen.

In Folge davon erscheinen die älteren Stammglieder so berindet, wie wenn die Gliederzelle selbst die Rindenschicht durch Zelltheilung abgeschieden hätte. Diese Entwicklung gewinnt in vieler Hinsicht Aehnlichkeit mit der Bildung der berindeten Charenstämme (f. unten) und kommt auch bei einigen meerbewohnenden Florideen vor.

Die Antheridien sind letzte Zellenquirle, sie öffnen sich zur Zeit der Geschlechtsreife und entlassen die Samenkörper, Fig. 59. Der weibliche Apparat, das Trichogyn, ist eine spindelförmige Endzelle, mit ihr copulirt der Samenkörper, Fig. 60 B.

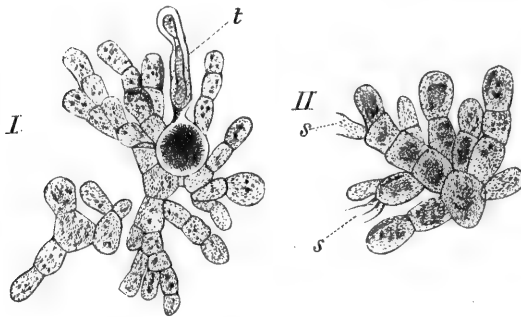


FIG. 61. *Batrachospermum moniliforme*. I Trichogyn und die es umgebenden Fruchtzweige aus dem Glomerulus isolirt. II Fruchtzweig aus dem Glomerulus, s s' entleerte Sporen-mutterzellen.

Nach der Befruchtung entwickeln sich zahlreiche Sporangienzellen zu einem Glomerulus, jede Sporangienzelle entläßt eine Spore.

Die sexuelle Mischung bewirkt hier nicht die directe Anregung der Propagationszelle (Eizelle), sondern es wird dadurch die Entwicklung der durch vegetative Theilung ent-

stehenden Sporangienzellen erst veranlaßt. Dadurch aber ist eine Analogie mit der Befruchtung bei *Pyronema confluens*¹⁾ gewonnen, mindestens in Bezug auf die directe Wirkung der sexuellen Mischung. In beiden Fällen geht aus der befruchteten weiblichen Zelle, dem Trichogyn hier, der Makrocyte dort, das Ausfaatobject nicht direct hervor, sondern es wird die Wirkung auf zunächst belegene Zellenglieder übertragen, welche zur Weiterentwicklung angeregt werden.

Die Gattung *Batrachospermum* ist in den Systemen in verschiedenen Verwandtschaftskreisen untergebracht:

Nach ENDLICHER:

B. *Phyceae* (zweite Gruppe der Algen).

I. *Vaucheriae*.

4 *Batrachospermae* in der directen Nähe der *Ectocarpeen*,
Dafycladeen u. a. m.

Nach KÜTZING:

A. *Isocarpeae*.

B. *Kryptospermeae*.

39 *Batrachospermeae*.

Man erfieht hieraus, daß von einer Uebereinstimmung in deren Angaben der älteren Systematik mit denjenigen der Entwicklungsgegeschichte in keinem Sinne die Rede sein kann. Die *Batrachospermen* schließen sich zunächst an einige der Gattungen an, welche zu den *Florideen* gerechnet werden.

¹⁾ Siehe weiter unten unter «Pilze», § 13.

b) Coleochaete.

Die vegetative Pflanze ist ein verzweigtes Lager¹⁾, welches am Ende der Zellglieder quirlförmig gestellte Antheridienzellen bildet, Fig. 62. Das

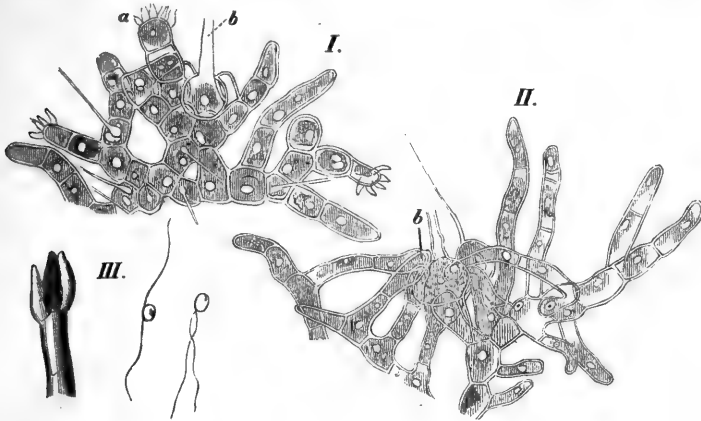


FIG. 62. I Coleochaete pulvinata, vollständige Pflanze, a Antheridium entleert, b Oogonium vor der Berindung, welche beginnt. II Coleochaete divergens, Parthie eines fructificirenden Exemplares, b Oogonium mit beginnender Berindung. III Coleochaete, Antheridien und Spermatozoiden.

Oogonium ist eine kugelige Zelle mit langem haarförmigem Fortsatze, Trichogyn. Durch die Oeffnung desselben dringt das Spermatozoid, Fig. 62 III, ein, nachdem es an der Spitze des Trichogynes festhaftete.

Nach der Befruchtung wachsen mehrere Zellen um das Oogonium. Dasselbe wird berindet und ruht in diesem Zustande.

Die Folge der Befruchtung ist hier ein Reiz, welcher auf die dem Trichogyn benachbarten Zellen ausgeübt wird. Diese wachsen und hüllen allmählig die eiförmige Zelle ein, so entsteht das Cystocarp, Fig. 63, womit die Entwicklung zunächst für eine Generation abgeschlossen ist.

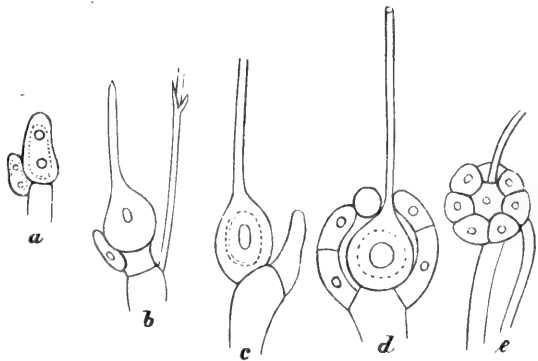


FIG. 63. Coleochaete. Entwicklungsreihe der Trichogynfrucht, halbschematisch. a Trichogynanlage vor der Befruchtung, c d e nach derselben mit allmählicher Ausbildung der Rindenschicht.

¹⁾ Oder die vegetativen Körper sind Zellenplatten, welche durch Verschmelzung seitlich verzweigter Fäden entstehen. Die Coleochaeten werden nach RABENHORST zu den Ulotrachineen gerechnet, zu welchen sie jedenfalls geringe Verwandtschaft zeigen.

Die vegetativen Formen sind entweder polsterförmige verzweigte Rafen oder halbkreisförmige und kreisrunde Scheiben, welche aus der Zoospore entstanden sind, deren ursprünglicher Ort bei der Keimung in das Centrum des Lagers zu verlegen ist. Die kreisförmigen Lager wachsen mit ihren Randzellen dichotomisch. Die Coleochäten besitzen neben dem Trichogyn zahlreiche Borstenzellen wie Bulbochæte. Sie leben im Süßwasser, in Sümpfen und Teichen, besiedeln höhere Wasserpflanzen mit 4–8 mm im Durchmesser großen Lagern. In der älteren Systematik der Algen sind die Coleochäten zu den Confervaceen (RABENHORST, ENDLICHER, NÄGELI) gerechnet.

c) *Dudresneya* (f. Systemat. d. Algen, Florideen).

Die vegetative Gliederung ist hier gegenüber den Processen der Befruchtung einfach. Durch vegetative Theilung werden zunächst fruchtbildende Zweige angelegt, Fig. 64 F.

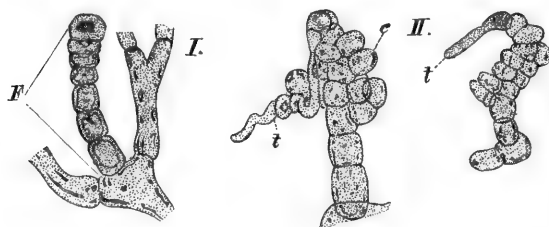


FIG. 64. *Dudresneya purpurifera*. I fruchtbildender Zweig vor der Befruchtung F. II der Befruchtungsapparat, t das Trichogyn, im Anfang ein geradläufiges Haar, später spiralig gewunden (nach BORNER).

Während der Ausbildung dieser entstehen die Trichogyne an andern Zweiglein letzter Ordnung derselben Pflanze.

Nach der Befruchtung der Trichogynzelle (durch Spermatozoiden) treiben die Quirlzellen

in der Nähe der Trichogynzelle lange Schläuche, welche der Reihe nach mit den Endzellen jener fruchtbildenden Zweige copuliren, Fig. 65 II.

Ein solcher Faden c verwächst nach und nach mit dem Fruchtschlauch F''' , F'' , F' , F. Diese Reihe zeigt auch die Weiterentwicklung. Der copulirende Schlauch schwillt nach der Verwachsung an, er theilt sich und es entsteht so das Cystocarp, womit die Entwicklung abschließt.

Hier sind also drei morphotische Processse zu unterscheiden:

- 1° Differenzirung der weiblichen (Trichogyne) und der männlichen Zellen, Antheridien;
- 2° Auschlüpfen der Samenkörper und Befruchtung der Trichogyne;
- 3° Anlegung der Fruchtanlage zum Cystocarp auf differenten Zweigen;
- 4° Auswachsen der Zellen in der Nähe des Trichogynes in Folge der sexuellen Mischung unter 2° und Berührung dieser aggressiven Copulanten mit der Fruchtanlage;
- 5° Umschlingung und Berindung des Cystocarpes in Folge der Berührung.

Vergleichen wir die Entwicklung von *Batrachospermum* und *Dudresneya*, so ergibt sich als gemeinschaftlicher Zug: die Fortpflanzungszellen entstehen nicht direct aus der befruchteten weiblichen Zelle, sondern als entferntere und nachträglich erst anzulegende Verwandte aus der nächsten Nähe des weiblichen Behälters (Trichogyns):

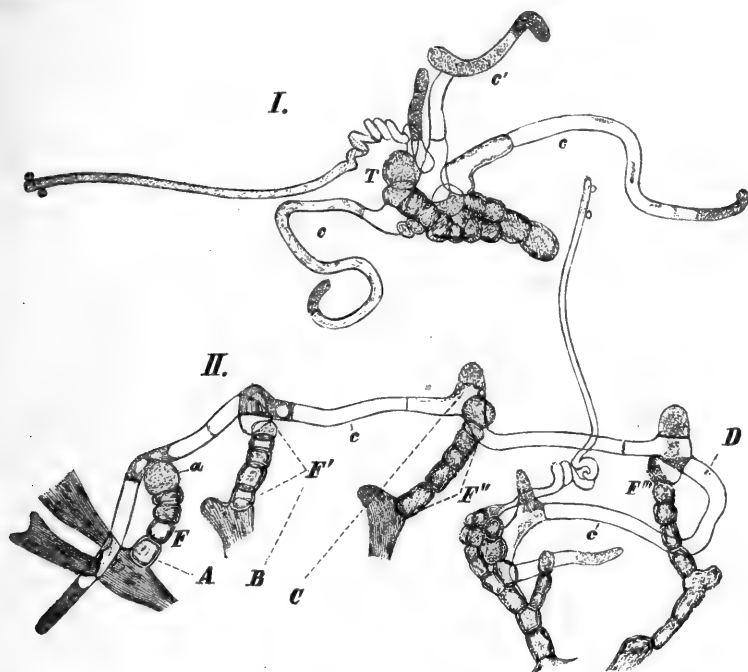


FIG. 65. *Dudresneya purpurifera*. I Zustand des Trichogyns nach der Befruchtung durch die Samenkörper; die Nachbarzellen des Trichogyns haben in *c c'* Befruchtungsschläuche getrieben, welche mannigfach gewunden sind. II ein Trichogyn ist mit anhaftenden Samenkörpern zwischen den Fruchttästen *F''* und *F'''*, von demselben geht ein Befruchtungsschlauch *D* nach dem Fruchtzweig *F'''*, von diesem geht ein solcher nach *F'' F' F*, *C* die Anfangszelle des Cytocarpes, *a* die Endzelle des Fruchtzweiges, welche mit dem trichogynbürtigen Schlauch *c* copulirt. (Nach BORNET, *Fécond. d. floridées*, ann. d. sc. nat. V. T. VII.)

Batrachospermum.

Die Samenzelle entstammt einer vegetativen Zweigzelle der letzten Ordnung.

Das Trichogyn ist eine Zweigzelle der letzten Ordnung.

Nachdem das Trichogyn den Samenkörper aufgenommen hat, entwickeln sich tiefer stehende vegetative Zweigzellen zu Sporangien. Das Trichogyn selbst erfährt keine weitere Umbildung.

Dudresneya.

I. Aus einem vegetativen Zweig der letzten Ordnung, Fig. 64, entwickelt sich das Trichogyn mit sehr langer gewundener Haarröhre.

II. An einem Zweig ähnlicher Ordnung entwickeln sich die Antheridien, welche die Samenkörper entlassen.

III. Das durch die Samenkörper befruchtete Trichogyn beteiligt sich an den weiteren Vorgängen nicht, wohl aber entwickeln sich die in einem Glomerulus tiefer stehenden nächsten Verwandten in Folge des vom endständigen Trichogyn ausgehenden Reizes zu langen Befruchtungsschläuchen.

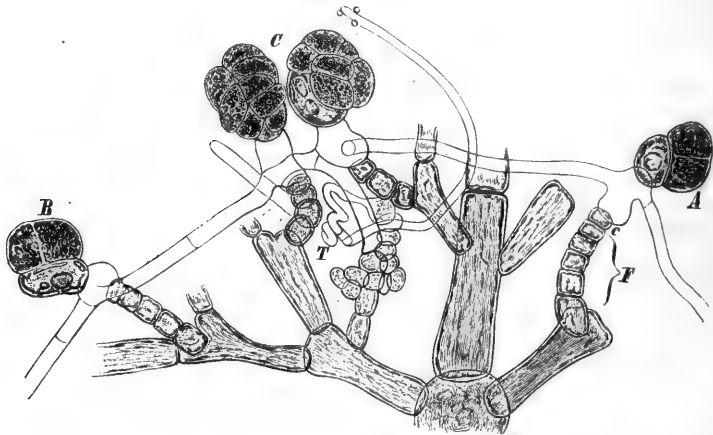


FIG. 66. *Dudresneya purpurifera*. Zustand der Pflanze nach der Copulation im Beginn der Bildung des Cystocarps. Im Ganzen sind an drei Auszweigungen *A B C* die entsprechenden Fruchtzweige, f. *F* bei *A*, gegenseitig in Verbindung, vergl. Fig. 65, aus den copulirten Zellen der Fruchtzweige und der Verbindungsschläuche hat sich das Cystocarp gebildet, *C* der Ort der Copulation in einem der Fruchtzweige, *T* das Trichogyn mit anhaftenden Samenkörpern. (BORNET, *Fécond. d. floridées*, ann. d. sc. nat. V. Bd. VII.)

IV. Gleichzeitig mit den Vorgängen in I. und II. bilden sich an Zweigen letzter Ordnung, in Form von kurzgliedrigen Zellenketten, die Fruchstäbe, Fig. 64.

V. Die Befruchtungsschläuche copuliren mit der Endzelle dieser Fruchstäbe in der Weise, daß die Endzelle ab- oder eingesehnt wird, in der Vereinigungsstelle entsteht unter Mitwirkung beider Zellen, nach wiederholter Theilung beider, das Cystocarp, Fig. 66.

Das Cystocarp ist somit das Endproduct der zweifachen Befruchtung 1° folcher durch geschlechtliche Mischung der Plasmamassen von «Samenkörper und Eizelle im Trichogyn» und 2° der Copulation des Fruchtafles mit

dem Schlauch, welcher aus der Nähe des Trichogyns hervorgeht. Daselbe ist das Endproduct des Wachsthum und der Theilung von vier Zweiggenerationen, nämlich: Antheridium, Trichogyn, Befruchtungsschlauch und Fruchtaft.

Einfachere Vorgänge der geschlechtlichen Mischung können mit Leichtigkeit nach der Entwicklung der Coleochaete (f. oben S. 119) und der Dudresneya für andere Florideen, z. B. Nemalion und Bornetia, verstanden werden. Bei diesen reducirt sich der Vorgang auf I. II. des Schema S. 122.

Nemalion und Bornetia.

I. Trichogyn als letzte Zweigzelle.

II. Antheridium als letzte Zweigzelle.

III. Nach der Uebertragung des cilienlosen Samenkörpers wird die Centralzelle des Trichogyn von den verwandten älteren Nachbarzellen eingehüllt zum Cyftocarp.

Diese stellen somit die niedere Stufe des geschlechtlichen Actes dar. Aus der vorstehenden Entwicklung ergibt sich, daß die Gattung Batrachospermum mit einem Theil der Gattungen der Florideen vereinigt werden muß.

Die Entwicklungsgegeschichte der vegetativen Form und der Fortpflanzungsorgane reicht bis jetzt nicht aus, um ein streng wissenschaftliches System, ein solches, welches auf die Genese gegründet ist, aufzubauen, die heterogensten Formen sind selbst in den neueren Lehrbüchern und Leitfäden zu Familien, Ordnungen und Verwandtschaftskreisen zusammengestellt¹⁾. Andererseits reicht das Material an neueren Quellenarbeiten über die Entwicklung der Meeresalgen nicht über hie und da herausgegriffene Formen hinaus.

¹⁾ In einem für Vorlesungszwecke zusammengestellten Schema ordnet J. VON HANSTEIN die höheren Algen in diesem Sinne:

Obere Stufe.

Fucinen:
Ectocarpeen,
Sphacelarieen,
Laminarieen,
Fucaceen,
Cyrtoseireen.

Florideen:
Batrachospermeen,
Bangiaceen,
Ceraniceen,
Lemaniaceen,
Dictyoteen,
Sphaerococceen,
Rhodomeleen,
Melobesiceen,
Corallineen.

Vegetative Gliederung und Systematik der Florideen.

(Rodospermae, HARVEY. Florideae, J. AGARDH-ENDLICHER. Choristospermae, DECAISNE. Algae heterocarpeae, KÜTZING.)

Die vegetative Gliederung, sowie die Fortpflanzung von einigen Unterfamilien der Florideen ist genauer untersucht. Es wird aber trotz der Uebereinstimmung in der sexuellen Fortpflanzung doch dahin kommen, daß man die hier zusammengestellten Formen in gesonderte Verwandtschaftskreise trennt. In der äußeren Form und Gliederung herrscht hier gerade die größte Abweichung in den weitesten Grenzen der Form.

1^o Ceramieen.

(Ceramium, ADANS. Spyridia, HARV. Ptilota, AG. Dudresneya, Bonnemaisonia, Callithamnion, LGB. Griffithsia, AG. Wrangelia, AG.)

Die Ceramien gehören noch zu dem Typus der verzweigten Cylinderketten mit deutlichem Scheitelwachstum, bis zur 5.—6. Ordnung verzweigt entstehen die Sporangien seitlich aus dem Scheitel des Seiten sproßes. Den Ceramien fehlt diejenige Berindung des gegliederten, durch eine Scheitelzelle wachsenden Stammes, welche durch Theilung, Fächerung der Stammglieder entsteht. Kommt die Berindung vor, so entsteht sie durch das Anschmiegen der Wurzelfäden (Rhizidien, f. Batrachospermum, Fig. 60 C). Hervorragend schöne und reichgegliederte Formen¹⁾ sind Ceramium rubrum, C. ciliatum von der Mittelmeerküste²⁾, C. rubrum von der Nordsee. Die höchste Ordnungszahl erwachsener Rufen der letzteren Alge übersteigt nicht 8—10. Die Gattung Ceramium zeigt in ihrer Gliederung das Vorkommen von Sympodien, namentlich an den Aesten, welche Sporangien tragen, und auch in den vegetativen Zweigen von C. ciliatum.

Zu vergleichen ist hiemit die mittlere Stufe (f. S. 104 oben). NÄGELI (Neuere Algensysteme) bringt die sämtlichen Algen, einschließlich der Flechten, in zwei Classen.

A. Algae:

Palmellaceae,
Nostochaceae,
Bangiaceae,
Mesoglossaceae,
Zygnemaceae,
Protococcaceae,
Valoniaceae,
Confervaceae,
Lichenaceae,
Exococcaceae,
Vaucheriaceae,
Bryopsidaceae,
Codiaceae,
Zonariaceae,
Chamtrasiaceae,
Padinae,
Fucaleae.

B. Florideen:

Ceramiceae,
Delesseriaceae,
Nitophylleae,
Dellesteriaceae,
Rhodomeleae,
Rhodomeniaceae,
Plocamiaceae,
Chondreae,
Gracilariaceae,
Lomentariaceae,
Phyllophoraceae.

¹⁾ Ueber Scheitelwachstum und Generation, f. NÄGELI, a. a. O. 198 für Callithamnion, NÄGELI und CRAMER, Pflanzenphys. Beiträge über Ceramium.

²⁾ Ich verdanke eine den Anforderungen morphologischer Studien entsprechende Sammlung von Florideen der Güte des verstorbenen Professors ROSANOFF (in Cherbourg gesammelt) und des Herrn Dr. THILENIUS (in Nervi bei Genua gesammelt).

Die geschlechtliche Vermehrung ist von BORNET und THURET beobachtet (*Ann. d. sc. nat.* 1867, *Fécondation des floridées*) bei *Ceramium*, *Wrangelia*, *Callithamnion*.

Die Keimung der Tetrasporen für *Ptilota* ist neuerdings von PRINGSHEIM beobachtet¹⁾. Die Keimung vollzieht sich zuweilen schon in dem Lager vor dem Austritt der Sporen.

Die Favellae sind metamorphe halbkuglige Sprosse ohne Scheitelzelle aus den höheren Zweigen des Florideenlagers. Die Zellen, welche später frei werden und zu vegetativen Pflanzen neu keimen, entstehen durch Theilung innerhalb einer Rindenschicht von mehreren Zellenlagen.

2^o Delesserieae.

Delesseria, LAMOUR. *Odonthalia*, LYNGB. *Sphaerococcus*, GREV. *Bonnemaisonia*, AG. *Gelidium*, LAM. u. a. m.

Im äußeren Habitus ist hier *Delesseria* auffällig, bei welcher ein horizontaler Stamm, mit blattähnlichen, prächtigen Flächengebilden versehen, vorkommt, bei anderen Arten ist der berindete Stamm an den letzten Auszweigungen dichotom mit geflügelten Zweiglein versehen, sonst blattlos. Die Stämme sind geschichtet, die Sporenbehälter sind in den vegetativen Körper eingenekt.

Die vegetative Gliederung am Scheitel²⁾ führt immer zuerst dahin, daß die Axenzelle des ersten Grades von vier Rindenzellen umgeben ist, welche sich später weiter theilen, der Hauptunterschied mit der vorhergehenden Familie liegt in der durch Fächerung entstehenden Berindung. *Delesseria* besitzt einen berindeten Stamm und Blattgebilde mit einer Mittelrippe, welche noch eine Ordnung von Seitennerven aufweist. Bei *D. alata*³⁾ ist die Blattfläche verzweigt, die letzten Zweiglein dichotomisch. Die Blattrippe ist aus mehreren großen, nicht gallertartigen und farblosen Zellen geschichtet und von der gefärbten Rindenschicht in wenigen Zellenlagen umgeben. Zwischen beiden liegen Faferzellen zerstreut. Die Sporangien liegen außerhalb der großzelligen Axen (oder Medullarschicht). *Gelidium*⁴⁾ zeigt flachgedrückte gracile Stämmchen bis zur 5. und 6. Ordnung verästelt. Die Axen wachsen mit einer Scheitelzelle, sind geschichtet, Medullar- und Corticalschicht⁵⁾. *Sphaero-*

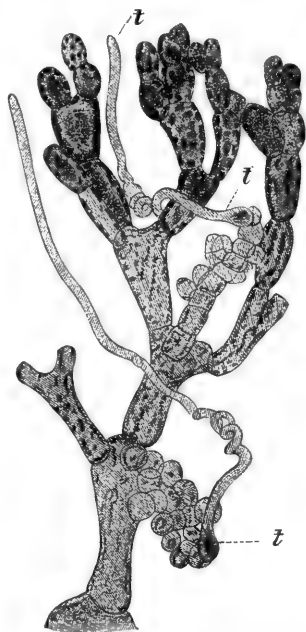


FIG. 67. *Dudresneya purpurifera*, nach BORNET. An zwei Zweiglein der dichotomisch verästelten Pflanze sind weibliche Geschlechtsapparate (Trichogyne) entwickelt t t, die übrigen Zweige sind vegetative.

¹⁾ PRINGSHEIM, Beiträge zur Morphol. d. Meeresalgen. Königl. Ak. d. Wissensch. Berlin 1861. Die Tetrasporangien entstehen in den Rindenzellen, oder unter diesen entstehen durch Zelltheilung Conceptakeln mit vier der vegetativen Vermehrung dienenden, keimfähigen Zellen. Zur Zeit der Reife werden durch den Quellsdruck die Sporen als nackte Plasmakugeln ausgestoßen.

²⁾ NÄGELI, a. a. O. S. 212 über *Delesseria*, Zeitschrift für wissensch. Bot., 2. Heft, p. 121.

³⁾ Mittelmeer.

⁴⁾ Mittelmeer, Nervi bei Genua.

⁵⁾ NÄGELI, a. a. O. S. 216.

coccus mit prächtig gegliederten, flachen Stämmen schließt sich in der Gestalt hier an¹⁾. Die Befruchtung ist beobachtet, mindestens das Cystocarp in dem jungen Laub der *Delesseria*²⁾, wo freilich das Trichogyn nur rudimentär ist.

a) Nitophylleae.

Eine einzige Zellschicht in der Fläche der blattartigen, gelappten, bis 10 cm großen Pflanzen, die Sporenbehälter liegen in der Ebene der Zellenfläche. Einzige Gattung *Nitophyllum* (Nordfée und Mittelmeer), das Trichophor in einer Spalte an der Fläche des Laubes, von BORNET und THURET (a. a. O. S. 154) beobachtet.

b) Rhodomeleae.

Polysiphonia, GREV. *Dasya*, AG. *Alsidium*, AG. *Digenia*, AG. *Rhodomela*, AG. *Rytiphloea*, AG. *Laurencia*, LAMOUR.

Die vielverzweigten Stämme wachsen mit einer Scheitelzelle, welche zunächst eine Reihe von Cylindergliedern bilden. In jedem Gliede entsteht durch mehrere Theilungen die Berindung, so daß meist fünf Rindenzellen zunächst die Axenzelle umgeben. Die Sporenbehälter liegen außerhalb der Axenzelle im Lager eingefenkt. Die Gattungen *Poly-siphonia*, *Rytiphloea*³⁾ sind von confervenartigem Wuchs: große bis fußlange Rafen, bis zur 10.—12. Ordnung verzweigt, die letzten Auszweigungen haardünne, gefiederte Blätter, braun-rothe oder schmutzigrüne Farbe. *Laurentia* (*Laurencia*)⁴⁾ florideenrothe, flache, ungegliederte Zellenkörper, an deren Auszweigungen haarfeine dichotome Fäden sitzen, die Blätter. Das Wachsthum wird durch eine Scheitelzelle beforgt, welche durch senkrecht zur Axe stehende Wände die Segmente bildet. Die gefiederten Blätter⁵⁾ der *Poly-siphonien* entstehen als Ausfaltungen in der Nähe des Scheitels in akropetaler Folge und mit genauer seitlicher Divergenz. Eine der Zellen an der Blattbasis wird zum Axillarsproß. Durch diese Entwicklung gewinnen die *Poly-siphonien* und *Chondriopsis* Anschluß an die Characeen (f. weiter unten).

Der Stamm von *Laurencia*⁶⁾ zeigt eine ausgezeichnete anatomische Gliederung. Jedes Glied bildet eine centrale Axenzelle, von dieser strahlen 5 Zellen, welche durch gelatinöse Intercellularsubstanz bedeutend gelockert sind, an diese schließen sich mit 10 Radien 10 Zellen, an diese wieder 20, an diese 40, an diese die Begrenzung mit 80 Zellen. Diese consecutiven Generationen unterscheiden sich auch in der Länge parallel der Axe, insofern die 5 Strahlenzellen die halbe Länge der Axenzelle, die 10 nächsten $\frac{1}{4}$, die 20 folgenden $\frac{1}{8}$ der Axenzelle messen. Die Sporenbehälter liegen unter der Rinde in regelmäßigen Abständen.

3° Rhodomeniaceen.

Diese Gruppe besteht aus mehreren Familien, deren vegetativer Körper aus Zellschichten oder Zellkörpern besteht, welche mit einer einzigen Scheitelzelle wachsen, die nächsten Theilungen in dieser geschehen durch schieffstehende Wände, die Segmentirung schließt sich an das Scheitelwachsthum der Moofe an (f. weiter unten). Für flache Zellenkörper theilt sich die Scheitelzelle durch wechselnd nach links und rechts geneigte

¹⁾ Mehrere hervorragende Formen zum Theil mit ächter Dichotomie.

²⁾ BORNET und THURET, a. a. O. S. 154.

³⁾ Nordfée und Mittelmeer.

⁴⁾ *Laurencia pinnatifida*, Mittelmeer, NÄGELI, a. a. O. S. 220.

⁵⁾ KNY über Axillarsprosse bei Florideen, Sep.-Abdr. 1875.

⁶⁾ NÄGELI, a. a. O. S. 220.

Wände, für cylindrische sind die Wände um eine dreiseitige Scheitelfläche geordnet. Die Sporenbehälter liegen im Gewebe eingefenkt.

a) Plocamieen.

Plocamium, GREV. *Thamnophora*, AG.

Die vegetativen Aeste wachsen durch eine Scheitelzelle, welche Cylinderglieder ab-schnürt, die Sporen tragenden Zweiglein werden durch eine Scheitelzelle aufgebaut, welche geneigte Wände (ähnlich der Moosendknospe) bildet. Zierlich verzweigte, schön roth gefärbte Pflanzen in Rafen. Die Sporenäste liegen an der unteren Seite der vorletzten Auszweigung, den vegetativen Aesten gegenüber. Die Sproßfolge von *Plocamium* ist eine sympodiale, d. h. es erlischt ein gegebener Sproß in einiger Zeit und wird durch einen solchen von der nächst höheren Ordnung abgelöst¹⁾.

b) Chondreen.

Iridæa, BORY. *Chondrus*, GREV. *Callymenia*, AG. *Gigartina*, LAM. *Rhodomenia*, GREV. (*Callibleparis*, KTZG.) u. a. m.

In dieser Familie sind Gattungen mit flachen, blattartigen Stämmen und dichotomisch verzweigtem Rande, *Callophyllis*, und dichotome cylindrische Stämme, *Chondrus*, sowie flache, elliptische Lager, *Iridæa* vereinigt. Die Verzweigung schreitet bei manchen bis zur 12.—14. Ordnung fort. Das Wachsthum geschieht durch eine Scheitelzelle, welche nach dem Metzgeriatypus Wände wechselnd nach links und rechts absccheidet. Die Segmente theilen sich in Zellen des dritten Grades durch senkrecht zur Axe stehende Wände und ebenso durch solche, welche parallel der Axe stehen. Hierdurch wird der Zuwachs in Länge und Breite erreicht. Die Axen berinden sich: es entsteht eine Markaxenzelle und mehrere Rindezellen.

An der Grenze der Markaxenzellen liegen die Sporangien²⁾. Unterscheiden sich von den Plocamien darin, daß die Theilung für vegetative und Sporen tragende Aeste die gleiche ist.

c) Gracilariæ.

Furcellaria, LAMOUR. *Halymenia*, AG. *Polyides*, AG. *Dumontia*, LAM. *Gracilaria*, GREV. u. a. m.

Die Stämme sind dichotomisch, *Furcellaria*, oder in akropetaler Folge beästet, *Gracilaria*, untereinander von gleichem Wuchse. Das Scheitelwachsthum erfolgt durch eine dreiseitige (verkehrt pyramidale) Scheitelfläche. Die Segmente (oder Zellen zweiten Grades) entstehen durch Wände, welche parallel den drei Seiten derselben gehen. Das Dickenwachsthum wird in die Zellen zweiten Grades durch Wände vermittelt, welche nach allen drei Richtungen des Raumes gleichmäßig orientirt sind. Den Gracilarien mangelt die Axenzellschicht, welche bei den Chondreen vorhanden ist³⁾.

4° Lomentariæ⁴⁾.

Lomentaria articulata vom Mittelmeer, dichte Rafen, bis zur 6.—8. Ordnung verzweigt. Die Zweige quirlständig mit wechselnd erweitertem und verengertem (gegliedertem) Laub. Die Hauptaxen, wenigstens die reproductiven, sind hohle Zellenkörper. Die Sporen-

¹⁾ S. KNY, a. a. O. S. 17. Vorzügliches Studienobject: *Plocamium coccineum*, Nordfée, f. NÄGELI, a. a. O. S. 228.

²⁾ Eingehenderes Studium der Gattungen, f. NÄGELI, a. a. O. S. 234.

³⁾ Eingehendes Studium der Anatomie der Gracilarien, f. NÄGELI, a. a. O. S. 241.

⁴⁾ NÄGELI, a. a. O. S. 244.

mutterzellen im Gewebe der Wandung eingeschlossen. Die Entwicklungsgegeschichte ist nicht abgeschlossen.

5° Phyllophoraceen¹⁾.

Peysonnella, DECAISNE. *Hildenbrandtia*, NARDO. *Phyllophora*, GREV. *Tylocarpus*, KÜTZG.

Die Hauptaxen sind Zellenkörper. Die Sporangien über der Außenfläche sitzend oder gestielt.

§ 11. Zweigsystem mit Scheitelwachsthum und einzigen oder mehreren Scheitelzellen.

Der nächste Uebergang* in der Erhebung der vegetativen Form führt zur Scheitelzelle, von welcher die Zellen der ersten Ordnung abgechieden werden. Diese bilden durch wiederholte Theilung den vegetativen Körper, während die Scheitelzelle den Proceß der Theilung von Neuem ausführt.

Eine solche Scheitelzelle kann dendritische, wirtelige und cyclische Zweigsysteme bilden, in welchen je eine Richtung vorherrscht. In jedem Zweige kann wiederum eine dem tragenden Stamme ganz gleiche Gliederung erfolgen. Wir begegnen der Scheitelzelle und der Differenzirung in Lang-, Kurztriebe und Blätter zunächst bei den Sphacelarien.

Durch die eigenthümliche Wuchsform, welche die akropetale Folge der Glieder des Stammes aus einer einzigen herrschenden Scheitelzelle hervorbringt, wird ein Anschluß von gewissen Formen der höheren Algen an die Characeen gewonnen.

Die Differenzirung geht bei diesen in der Längsrichtung vor sich, zweierlei Segmente werden hier abwechselnd in steter Reihenfolge gebildet. Das eine wird zum Stammglied, das andere zum Zweigglied. Die morphotische Function des einen ist den Stamm zu verlängern; die morphotische Function des andern ist Zweige gleichen Ranges zu bilden; in ihm liegt der Keim der Hauptaxe, welcher auf Seitenaxen übertragen wird.

Die adaptive Bedeutung der Knospenanlage in Form einer Scheitelzelle tritt in folgenden Momenten hervor:

1° Gliederung, Wachsthum in der einen Richtung (Fortwachsen an der Spitze der Zweige unserer Bäume). Die einzelnen Glieder nehmen von unten nach oben an Alter, Dicke, Festigkeit ab;

2° Beschränkung der Neubildung des vorhandenen Zweiges und der Anlegung neuer Zweige auf den jüngsten Ort des tragenden Zweiges;

¹⁾ NÄGELI, a. a. O. S. 248.

3° Vereinigung der Hauptformkeime in eine einzige Zelle (die Scheitelzelle);

4° Beschränkung der Neubildung an möglichst wenige Orte, und in den kleinsten Raum. Diese Adaption an klimatisch bedingte Vegetationsperioden tritt augenscheinlich mit der Erhebung der Form bis zu den Bäumen hervor.

Durch die Gliederung, welche das Wachsen der Scheitelzelle mit sich bringt, wird die morphotische Verwandtschaft der höheren Algen mit den Charen und den Lebermoosen, Metzgerien, Marchantien hergestellt.

Die größte Divergenz, welche durch Vereinigung des Scheitelwachsthums mit dem Cylindertypus möglich ist, liegt aber gleichwohl in dem Charentypus.

Mit Berücksichtigung aller Formen, welche hier hereinzu ziehen sind, können durch die Scheitelzelle Zweigsysteme nach den folgenden Typen gebildet werden:

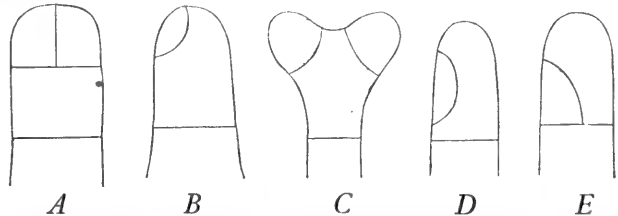


FIG. 68. Verschiedene Modalitäten des Scheitelwachsthums, wie es bei den höheren Algen vorkommt. (Nach NÄGELI und SCHWENDENER, Das Mikroskop, S. 589.) Bei A theilt sich die Scheitelzelle genau in zwei gleiche Hälften, dieß führt zur ächten Dichotomie, wenn beide Zellen unter gegebenem Winkel mit gleicher Intensität wachsen und sich weiter theilen. In B wird von der Scheitelzelle in der Nähe vom Scheitelpunkt ein Segment abgeschnitten, welches je nach dem Verhalten des Restes der Scheitelzelle zum Seitenast oder zur unächten Dichotomie führen kann. In C war die Dichotomie mit dem Auftreten der beiden gleichen Ausstülpungen ausgeführt. D und E Formen der Anlage von Segmenten unter dem Scheitelpunkt der Endzelle, welche zu Seitenzweigen heranwachsen können. In C kann die Scheitelzelle erlöschen oder neben den beiden Zweigzellen fortfahren, die Verjüngung in Richtung der ersten Axe zu befragen.

I. Niederer Grad der Entwicklung.

1° Die Scheitelzelle bildet den Cylinderfaden ohne Berindung weiter, die Seitenzweige entstehen erst aus den tiefer liegenden Zellengliedern, Confervaceen zum Theil und Draparnaldia, Batrachospermum.

2° Die Scheitelzelle bildet in akropetaler Folge die Stamm- und Zweigglieder: Sphacelariae und viele andere höhere Algen, z. B. Ceramieae.

3° Sie bildet wechselnd Stammglieder (Internodien) und Quirlstücke, aus welchen die Zweige höherer Ordnung hervorgehen: Characeen.

II. Höherer Grad der Entwicklung.

4° Die Scheitelzelle theilt sich in zwei gleich- oder ungleichwerthige Zellen, in welchen die Anlage der Aeste nächsthöherer Ordnung beginnt: Dictyota (Fucaceen).

5° Die Scheitelzelle bildet durch Theilung nach links und rechts in einer Ebene flache Lager, welche sich dichotomisch theilen, indem in den

jüngsten Segmenten die Anlage neuer Scheitelzellen eingeleitet wird: Metzgeria (Marchantieen, hier mehrere Scheitelzellen).

III. Höchster Grad der Entwicklung.

6^o Die Scheitelzelle bringt durch Theilungen nach mehreren Richtungen cylindrische Stämme zur Entwicklung, das Segment (die nächste Tochterzelle) differenziert den Axillarsproß und das Blatt: Musci.

In diesem sechsten Typus liegt der Uebergang nach den höheren Kryptogamenfamilien. Die Scheitelzelle ist die erste Anlage zu der Knospe, deren höchste adaptive Ausbildung wir in den Bäumen mit periodischem Laube erblicken, wo ein Ort, der Vegetationspunkt, allein in gesetzmäßiger Weise die Verjüngung und die Anlegung der Seitensprosse besorgt.

7^o Sie functionirt wie vorher, die Blattanlage und der Axillarsproß gehen aus Zelltheilungen hervor, welche höheren Ordnungen oder Zellengenerationen entsprechen: Scheitel der Farrenkräuter und der meisten höheren oder Gefäßkryptogamen.

Die Functionen der Scheitelzelle bestehen darin, Zellenglieder, Segmente abzuschneiden, welche von der Scheitelzelle, ihrer Mutterzelle, morphologisch different sind. Während die Scheitelzelle für lange Dauer denselben Proceß der Segmentirung wiederholt, ohne im Segmente aufzugehen, gibt sie gewissermaßen stetig bestimmte Formkeime an das Segment ab, ohne je ihren Charakter als Scheitelzelle einzubüßen, d. h. in ihr bleiben stets alle Formkeime angehäuft.

Das Segment hingegen ist eine hochdifferenzierte Zelle, in ihm liegen nur die Keime einer bestimmten Entfaltung:

- a) das Segment wird zum Zweig: Marchantia, Metzgerien;
- b) » » » » Blatte und Axillarsproß: Musci;
- c) » » » » Stammglieder: Charen.

Hinsichtlich der Gliederung in Auszweigungen verschiedenen Ranges zur Gestalt der Scheitelzelle, in der Form, der Reihenfolge in der Entfaltung, der Dauer des Wachstums werden an der höheren Pflanze nur drei Rangclassen von Auszweigungen unterschieden:

- I. Rang: Stamm, Ast, Zweig, 1. 2. 3. . . . Ordnung;
- II. Rang: Blatt, Fiederblatt der 1. 2. 3. . . . Ordnung;
- III. Rang: Haar, mit Auszweigungen der 1. 2. 3. . . . Ordnung.

Die Descendenzlehre fordert, daß wir die Rudimente dieser Gebilde in den niederen Formen auffuchen. Die Spur des Blattes geht aber schon in einigen Formen der Lebermoose vollständig verloren.

Divergiren die Marchantieen, die Fucaceen, die Dictyota, die Charen nach einer Richtung hin, nach den Stammbildnern, bei welchen die Blätter verloren gingen, oder nach den Blattbildnern, oder divergirt die eine nach

den Blattbildnern, die andere nach den Stammbildnern? Diese Frage läßt sich nicht entscheiden.

Charen, Tange, Marchantien, beblätterte Jungermannien, Metzgerien, Laubmoose sind Aeste in der Descendenzlehre, welche unter sich morphotisch gar keine Zwischenglieder besitzen.

Wir können die Frage nicht weiter discutiren, foviell aber läßt sich leicht zeigen, daß die Definitionen für Blattgebilde (Phyllome), Stammgebilde

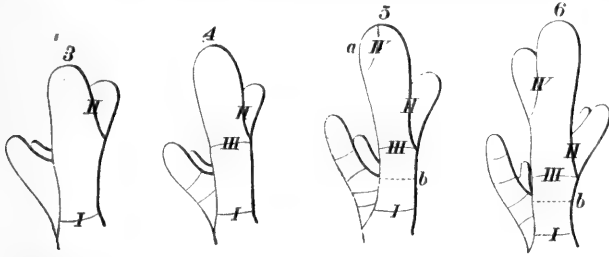


Fig. 69. *Halopteris filicina*, Langtrieb. Terminale Gliederung in einen Rest der Scheitelzelle und eine seitliche Ausfüllung des ersten Grades. Die aufeinanderfolgenden gleichwerthigen Glieder mit den Zahlen der Reihe I, II, III belegt. (PRINGS., Sphac., k. Ak. d. W. 1873.)

(Caulome), wie sie in den Handbüchern vorkommen, gebildet sind nach adaptiven Einrichtungen an der höheren Pflanze. Deßwegen gerade gelten sie nicht für die Bestimmung bei den vorliegenden Familien. Zwischen der Blattwarze bei den Phanerogamen und dem Knospenscheitel liegen zahlreiche Generationen von Zellen, welche die Keimzelle des Blattes von der Keimzelle des Stammes trennen. Im Phanerogamenblatt ist ein hochadaptirtes, in dem Moosblatt ein niedrigadaptirtes Gebilde zu ersehen.

Die Entwicklung von mehreren Seitenzweigen aus der mit der Axe des Stammes fortgeführten Hauptwachstumsrichtung ist durch die Figurenreihe 3, 4, 5 . . . , Fig. 69, demonstirt. Je eine seitliche Anlage, zunächst als ein Cylinderabschnitt entstanden, entwickelt sich selbständig durch nachträgliche Quertheilung.

1. Die Sphacelariace.

Die Sphacelarien sind eine morphotisch gut umschriebene Reihe der Phäosporen¹⁾. Die höchst differenzirte Form, *Cladostephus verticillatus*, bildet aus den Segmenten, welche unter der Scheitelzelle entstehen, zahlreiche Blattwirtel, welche sich in verschiedenem Sinne differenziren. Alle

¹⁾ Hierher gehören *Halopteris*, *Stypocaulon*, *Cladostephus* und *Sphacelaria*, fämmtlich Meeresbewohner mit reicher Verzweigung. Große und eingehende Monographie von PRINGSHEIM, Ueber den Gang der morphologischen Differenzirung in der Sphacelarien-Reihe. Ak. d. Wiss. Berlin 1872/1873. (S. auch oben Systemat. Zusammenstellung der Algen, S. 50.)

diese sind wie der jüngste Stammtheil zuerst unberindete Cylinderketten von Zellen. Der Stamm theilt sich nun wiederholt in dem Sinne, daß eine Markzone und eine Rindenzone entsteht, die Blätter werden von der Rinden-schicht an der Basis eingehüllt. Die Infertion der Blätter aber liegt in der

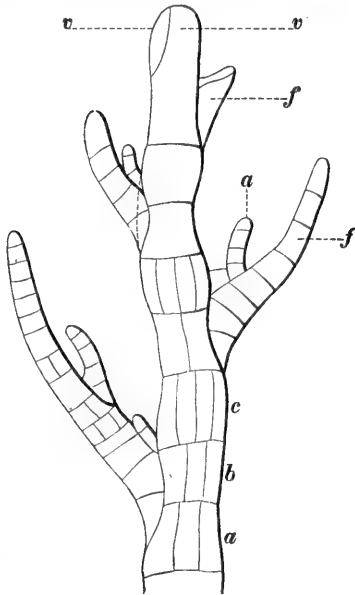


FIG. 70. *Halopteris filicina*. Sich selbst ähnlich fortwachsender Langtrieb mit Axillärprossen. *b c* berindete Stammglieder, *f* Blatt, *v* Vegetationspunkt. (PRINGSHEIM, Akad. d. Wiss. 1873.)

Markzone, auch die Blätter selbst berinden sich. Diese Anordnung ist im mikroskopischen Verhalten sehr charakteristisch. PRINGSHEIM sieht in dieser Differenzirung einen Uebergang zu den Cormophyten (Stammpflanzen). Während somit die Blätter auf Segmente in der Nähe der Scheitelzelle zurückgeführt werden, also in näherer Verwandtschaft zu dem ursprünglichen Vegetationspunkt stehen, entspringen die fruchtragenden Blätter aus den peripheren Zellen der secundären Rinde¹⁾. Die vegetativen und fruchtragenden Blätter berinden sich. Häufig ist aber die Ausbildung des Markes auf eine einzige Zelle beschränkt.

Ein Theil der Stammzweige wird durch Erlöschen des Vegetationspunktes in Kurztriebe umgewandelt, d. h. der Zweig streckt sich in allen Gliedern, auch die Scheitelzelle, diese verliert die Fähigkeit sich zu theilen.

Die letzte Auszweigung, das Haar, entsteht bei allen Sphacelarien aus der Scheitelzelle, «allein in der ganzen Reihe macht sich der Fortschritt in der vorschreitenden Beschränkung der Haarbildung auf die Scheitelzellen immer niedrigerer Sprossungsformen bemerklich. Zuerst sind die Haare Spitzen-, sodann Seitenorgane der nächsten Ordnung, bezogen auf die Hauptaxe, zuletzt werden die Haare in die Achseln der Blattgipfel gedrängt, oder mit anderen Worten: die Umwandlung in Haare trifft schrittweise Verzweigungsformen immer niedrigerer Grade».

¹⁾ Die primäre Berindung erstreckt sich von unten nach oben bis zur zweiten Segmentzelle unter der Scheitelzelle. Sie entsteht durch Längswände, welche von der ursprünglich cylindrischen Stammzelle 4 Rindenzellen abscheiden. Die im Innern belegene Zelle wird zum Mark. Durch Theilung der primären Rindenzellen entsteht die secundäre Rinde.

a) Bildung der Sporangien.

Die Sporangien sind zum Theil achselfständig, zum Theil endständig, an einem Fruchtaft können an den Seitenzweigen mehrere Sporangien erzeugt werden. Die Endzelle schwillt an, zerklüftet sich in die Plasmakörper der Schwärmsporen, so entstehen uniloculäre Sporangien. Diese sind immer endständig. Die Zoosporen sind gelb mit einem rothen Pigmentfleck und zwei Cilien. Die multiloculären Sporangien, ebenfalls an dem Zweige endständig (seitenständig an der Hauptaxe), theilen sich in mehrere Zellenreihen, sie werden gefächert, ehe es zur Anlegung der Schwärmsporen kommt. Jedes Fach zerklüftet sich dann nochmals in die zahlreichen Mutterzellen der Schwärmsporen. Bei den multiloculären Sporangien tritt die Durchwachsung nach der Entleerung nicht ein. Beide Sporenarten sind gleich groß und nahezu von gleicher Beschaffenheit, nach einigen Wochen keimen sie.

Die Sphacelarien bilden außerdem noch mehrstrahlig gebaute durch adventive Sprossung aus den Rindenzellen entstehende Brutknospen, nach PRINGSHEIM metamorphe sterile Fruchstäbe, die eigenthümlich gestalteten Zellenkörper fallen ab und keimen, bilden sich zu vollständigen Sphacelariapflanzen aus¹⁾.

Die Sphacelarien besitzen somit vier verschiedene Formen der Propagationszellen, beziehentlich Zellenkörper.

b) Histologische Züge.

Die Sphacelarien zeigen an manchen Zweigen, so bei *Ectocarpus*, Wurzelfäden, welche aus den Gliedern hervorwachsen, stets nach dem älteren Theil, also nach unten, sich an den Zweig anlehnen, diesen berinden. (Man vergleiche *Batrachospermum*, Fig. 60 weiter oben, dort sind es die im akropetalen Sinne entstandenen Quirlzweige, welche die Berindung des Stammes ausführen.)

Histologische Züge der Durchwachsung kommen bei den Sphacelarien an den Sporangien vor. Sind diese entleert, so wächst von der tragenden Zelle aus ein gegliederter Cylinderfaden durch das entleerte Sporangium (bei *Sphacelaria olivacea*).

Der ausführlichen Monographie PRINGSHEIM's mögen diese generalisirenden Sätze entnommen sein, da aus ihnen zum Theil erhellt, welche Stellung die Vertreter der exacten Entwicklungsgechichte der Descendenzlehre gegenüber einnehmen:

¹⁾ Eingehende Entwicklungsgechichte f. PRINGSHEIM, a. a. O. S. 173, auch über die Sphacelae, eigenthümliche Zellenkugeln an der Spitze der Zweige, und ähnliche Bildungen f. PRINGSHEIM, a. a. O. S. 171 ff.

1^o «Mit der größeren Vollkommenheit und Complicirung des anatomischen Baues und der morphologischen (morphotischen) Differenz wächst gleichzeitig die Beständigkeit der Bildungsregel;

2^o die morphologischen Differenzen der Verzweigungsformen gehen aus gleichartigen Sprossungen durch zunehmende Wachstumsabweichungen hervor, die offenbar mit dem Ursprung der Verzweigungsformen in Beziehung stehen und sich allmählig durch Trennung ihrer Ursprungstellen immer schärfer fixiren;

3^o die anatomische und morphologische Differenzirung der Verzweigungssysteme führt noch innerhalb der Sphacelarienreihe vom einfachen confervenartigen Wuchse (bei *Ectocarpus*) bis zum sprossartigen Aufbau (bei *Cladostephus*).

Die Reihe stellt sonach eine Stufenleiter zum cormophytischen Baue dar, in welcher sämtliche anatomische und morphologische Charaktere der höchsten Form schrittweise genommen werden.

Die Reihe erscheint somit als ein anschauliches Beispiel ansteigender Bildungsweise cormophytischer Gestalt, und ihre Betrachtung führt daher nothwendig zu einem der Descendenztheorie günstigen Schlusse, da sie selbst als der einfache und unmittelbare Ausdruck des genetischen Zusammenhanges der Formen sich darstellt. Allein auch hier finden sich nirgends sichere Anhaltspunkte zur näheren Kenntniß der unbekannten Urfachen, welche den Entwicklungsgang der Reihe in der Richtung, die sie genommen hat, festgehalten und diese Richtung selbst bestimmt haben. Diese Richtung ist hier, wie in allen Reihen dieselbe; sie führt vom anatomisch und morphologisch Einfachen und Gleichartigen zum anatomisch und morphologisch Complicirten und Mannigfaltigen. Daß dieser Gang die nothwendige und alleinige Wirkung der Accumulation zunehmend günstiger Abweichungen und Adaptionen an die Lebensbedingungen ist, ist ebenso bestreitbar, als es unbedingt gewiß ist, daß dieser Gang auch bei solchen Reihen eingehalten wird, deren Formenabweichungen relativ gar keine verschiedenen Grade günstiger Anpassung repräsentiren. Hierüber wird unter den kritischen Anhängern der Descendenztheorie kaum eine Meinungsverschiedenheit herrschen können. Jedenfalls muß dieser Punkt als eine offene Streitfrage betrachtet werden. Wie hätten auch die Bedingungen der natürlichen Zuchtwahl für sich allein, ohne eine besondere hinzutretende, richtende Urfache den Gang vom *Ectocarpus* bis zum *Cladostephus*, den die Reihe doch offenbar genommen hat, bestimmt haben können! Nirgends läßt sich hier eine fortschreitend günstigere Anpassung der entstandenen Abweichungen an die gleichartigen Lebensbedingungen, unter denen sie entstanden sind, voraussetzen und nach-

weisen. Die entstehenden Formendifferenzen zeigen nirgends deutliche, physiologisch günstige Eigenthümlichkeiten; sie beruhen wesentlich auf geringen, allmählig wachsenden Abweichungen im anatomischen Bau und in der Stellung der Zweigsysteme. Behaarung, Bewurzelung, Reproduction sind schon in den niedrigen Formen der Reihe in ähnlicher Wirkung und Anordnung wie in den höheren vertreten. Ist ohne willkürliche und unbegründete Voraussetzungen und Behauptungen irgend eine Beziehung der leichteren Erhaltung der Art zu der Entstehung der Sprosse aus den Gliederzellen oder den Scheitelzellen oder zu der Theilungsfolge der primären Gliederzellen wissenschaftlich festzustellen?

Welche günstigen Anpassungen soll eine *Sphacelaria* vor einem *Ectocarpus* u. s. w. voraushaben? Die Beziehung zu ihren etwaigen Feinden ist keine denkbar verschiedene, bei der Eigenthümlichkeit dieser Abweichungen, die eine für den Kampf um das Dasein durchaus gleichartige Beschaffenheit nicht ausschließen. Bei diesen einfachen Geschöpfen beschränkt sich dieser Kampf höchstens auf einen Kampf um den Platz. Der einzige Punkt, der hierbei von Wichtigkeit wäre, die Mannigfaltigkeit, die Zahl und die Erhaltungsfähigkeit der Reproductionsformen, spricht in keiner offenkundigen Weise für die Einhaltung der Richtung, welche die Reihe bei ihrer Entwicklung genommen hat. Es läßt sich bei Betrachtung dieser und anderer ähnlicher Reihen unter den niedrigen Gewächsen nicht verkennen, daß die ersten Formenabweichungen bei diesen einfachsten Organismen rein morphologischer Natur sind, d. h. daß sie keine nachweisbaren Beziehungen zu irgend welchen physiologischen Functionen haben, die für die Erhaltung des Lebens von Wichtigkeit sind. Die Existenz solcher in diesem Sinne rein morphologischer Artenreihen scheint mir entscheidend für die Frage nach den Ursachen der Artenbildung. Bestehen nun — um nur bei den Algen zu bleiben — die Reihen der *Protococcaceen*, *Palmellaceen*, *Desmidiaceen*, *Diatomeen*, *Conserveen*, *Ulotricheen*, *Ceramieen*, *Polyphyphonieen* etc. nicht aus solchen im Gegensatze zur darwinistischen Vorstellung nur rein morphologischen Arten? Dennoch ist in allen diesen Reihen ein Entwicklungsgang der Formen, der immer vom Einfachen zum Complicirten, oder wenn man will, vom Unvollkommenen zum Vollkommeneren führt, unverkennbar. Alle diese niederen, rein morphologischen Reihen sprechen mit Entschiedenheit dafür, daß der Kampf um das Dasein für sich allein nicht genügt, um die Accumulation der Formenabweichungen in der durch die ganze Schöpfungsreihe constanten Richtung vom Einfachen zum Mannigfaltigen zu erklären, dieser setzt ja mit Nothwendigkeit die physiologisch günstigere Beschaffenheit der entstehenden Variationen und die Häufung dieser günstigen Eigenschaften in der bevorzugten Richtung voraus. Diese Bedingungen fehlen aber in dem Entwicklungsgange der rein morphologischen

Artenreihen der niedrigsten Gewächse. Hier treten jene inneren richtenden Kräfte, die den Gang der gesteigerten Abweichungen in die bevorzugte

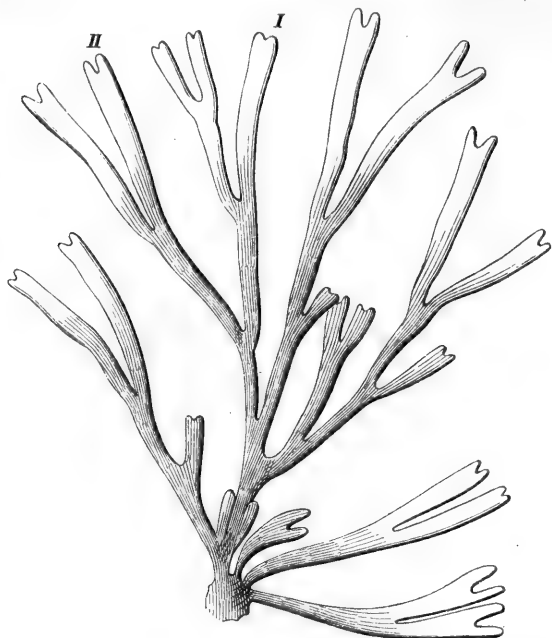


FIG. 71. *Dictyota dichotoma*. Erwachsene Pflanze nach einem photographischen Abdruck. Von der Basis ab ist das System bis zur sechsten Ordnung gegabelt¹⁾. I jüngerer, II älterer Zustand der Äste vor sich gehenden Ausbildung neuer Gabeläste.

Richtung drängen, in ihrer Reinheit, unvermischt mit den Wirkungen des Kampfes um das Dasein, in die Erscheinung und lassen ihre Existenz nicht bezweifeln. Oder will man etwa allen diesen niederen organischen Formen den Werth von Arten absprechen und sie nur als solche unbeständige Varietäten betrachten, die vorübergehend entstehen und wieder zu Grunde gehen, ohne es zu eigentlichen Arten zu bringen? Ihre Beständigkeit, ihr Alter, die Nothwendigkeit der Annahme ihrer gesteigerten Fortentwicklung für

die Entstehung der höheren Formen, die ja eine Basis der Descendenztheorie bildet, und der unleugbare Entwicklungsgang, der sich in der Um-

¹⁾ Die erwachsenen, nachstehend verzeichneten Arten aus der Familie der Fucaceen und Florideen zeigen die beistehend verzeichnete Ordnungszahl.

Ordnungszahl:

<i>Gelidium corneum</i>	4
<i>Chondrus crispus</i>	6—7
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	5—6
<i>Plocamium coccineum</i>	5—6
<i>Furcellaria fastigiata</i>	5—6
<i>Callophyllis laciniata</i>	3—4
<i>Laurentia pinnatifida</i>	4—5—6
<i>Calliblepharis jubata</i>	9—10
<i>Erinacea vermulosa</i>	1—2
<i>Ceramium rubrum</i>	6—7
» <i>ciliatum</i>	
<i>Sphacelaria olivacea</i>	3.

bildung ihrer Formen zu immer mannigfaltiger ausgebildeten Gestalten auspricht, würde auch diesen Ausweg mit Entschiedenheit zurückweisen.»

In wieweit die höheren Formen, namentlich von den Algen ab, welche sich hauptsächlich aus Geschlechtszellen vermehren, durch die Charen und Moose Bastardformen sind, welche von wenigen Urformen abgeleitet wurden, kann nicht entschieden werden.

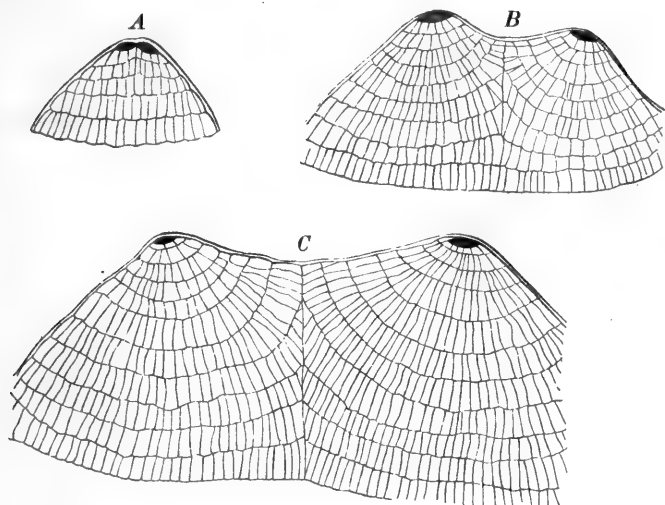


FIG. 72. *Dictyota dichotoma*. Drei Scheitelparthien von der Fläche aus nach photographischen Aufnahmen gezeichnet. A die Scheitelzelle im Zustande der Theilung. B Zustand der Gabelung, nachdem etwa 6—7 Segmente eingeschaltet sind. C noch weiterer Zustand der Gabelung, die Endlappchen entsprechen den jüngsten mit bloßem Auge wahrnehmbaren Gabelstellen in der Figur 71.

Es kommt aber für die Möglichkeit dieser Art von Abstammung in Betracht:

1^o die Anzahl der geschlechtlichen Umrtriebe für gegebene Zeit, diese sinkt von den niederen Pilzen und Algen, wo in einer Vegetationsperiode der gemäßigten Zone mehrere Generationen entstehen, nach den höheren Formen, Moosen und höheren Kryptogamen, wo nur eine Generation für je eine Vegetationsperiode herrscht;

2^o die mechanischen Schwierigkeiten der Durchdringung von einer Art zur andern. Diese wächst ebenfalls von den niederen nach den höheren Formen.

Züchtungsversuche, wie sie die menschliche Oeconomie durch die Hand des Gärtners, des Landwirths, des Thierzüchters in langen geschichtlichen Zeiträumen mit den Culturpflanzen und Hausthieren ausgeführt hat, sind für alle im mikroskopisch kleinen Raum lebenden Pflanzen nicht ausgeführt und sehr wahrscheinlich auch nicht ausführbar.

2. Dichotomie in der Scheitelzelle der Dictyotaceen¹⁾ (*Dictyota dichotoma*).

Das System, welches hier als Paradigma gewählt ist, baut sich in der Weise auf, daß genau in der Spitze je eines Zweiges die Theilung im mikroskopisch kleinen Raume der Scheitelzelle eingeleitet wird.

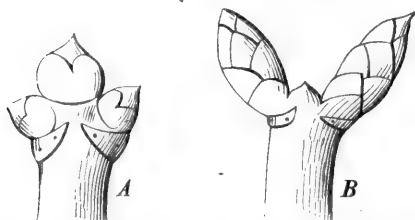


FIG. 73. A Scheitelknospen von *Fraxinus*. B ebenfolche von *Aesculus*, hier ist der Haupttrieb in die Blütenbildung eingegangen und abgestoßen. Das System wächst mit den beiden Seitenknospen gabelig weiter.

Die beiden Scheitelzellen in A, Fig. 72, sind entstanden durch eine genau in der Axenrichtung stehende Wand der Mutterzelle von Gestalt einer biconvexen Linse. Jede Scheitelzelle theilt sich zunächst durch Zellwände, welche zu ihrem innern convexen Rande parallel stehen. Die Zellschalen endlich, welche so entstanden sind, theilen sich durch Längswände. So kommt es, daß die beiden Scheitel immer mehr divergiren, Fig. 72 B C, bis die zweilappigen Lager der Figur 71 zum Vorschein kommen²⁾. Das Lager ist mit Ausnahme weniger der

¹⁾ Die Dictyotaceen gehören in die Nähe der Fucaceen.

²⁾ Literatur über Dictyota, f. NÄGELI, a. a. O. 184. — THURET, *ann. d. sc. nat.* 1855. S. 3. — COHN, Ueber einige Algen Helgolands. Leipzig 1865. — REINKE, Entwicklungsgeschichte der Dictyotaceen. Nov. Act. d. Kaiserl. Leop. Car. Deutsch. Ak. Bd. XI. Nr. 1. Das vegetative System der Dictyota dichotoma besteht aus drei Zellenplatten einer mittleren größeren Axenschicht und zwei Grenzschichten (Epidermis), die Zellen dieser letzteren sind in der Fig. 72 dargestellt. Die Dictyota besitzt zwei vegetative Triebe, den Rundtrieb und Flachtrieb. Die Vermehrung geschieht durch Individuen, welche nur Tetrasporangien hervorbringen (vegetative Vermehrung) und solche, welche Oogonien und Antheridien erzeugen. Nach REINKE entwickeln sich die Tetrasporangien-Pflänzchen etwas vor den geschlechtlichen.

Die Tetrasporangien entstehen als kuglige Ausstülpungen einer Zelle der Rindenschicht (Epidermis). Das Sporangium theilt sich in Kugelquadranten. Die vier entlassenen Sporen keimen zunächst zu einer spindelförmigen Zellenkette, eine Endzelle wird zum Scheitel, die entgegengesetzte wird zum Wurzelhaar.

Die Oogonien und Antheridien sind auf geforderten Pflanzen (Diöcie). Bei beiden sind die Sori (Sporenhäufchen) aus der Epidermis hervorgegangen. An einem bestimmten Orte wachsen zahlreiche Epidermiszellen zu einem Wärrchen heran, jede einzelne dieser schlauchförmigen Zellen theilt sich in eine Basalzelle und eine Antheridienzelle. In dieser entstehen durch wiederholte Theilung die cubischen Mutterzellen für die Spermatozoiden. Die weibliche Pflanze bildet ebenfalls aus Epidermiszellen die Oogonien, die Gruppe von Oogonien zählt im Durchschnitt vier und mehr Zellen. Jedes Oogonium entläßt eine Eizelle. Die Keimung der Eizelle, der Verlauf der Keimung ist gestaltlich ähnlich wie bei den keimenden Tetrasporon. Es kommt vor, daß beide Pole zu Wurzelhaaren umgebildet werden, so daß eine mittlere Zelle zur Scheitelzelle wird, welche die Pflanze weiterbildet (analoge Verbildung kommt bei den keimenden mehrzelligen Sporen der Pellien vor, f. weiter unten unter Moosen).

jüngsten Segmente mehrschichtig. Es geht daraus hervor, daß die Theilungen, welche von einer Segmentzelle zu Zellen höherer Ordnung hinführen, sehr rasch, sowohl in der Ebene des Lagers wie dazu senkrecht erfolgen. Immerhin ist aus den Schalen, welche bogenlinig um die Scheitelzelle geordnet sind, noch zu erkennen in *B* und *C*, Fig. 72, daß die Theilung vor 6—7 im Zustand *B*, vor 10—12 Segmenten in *C* erfolgt war.

Nennen wir die Ausbildung des Dictyotafystemes eine ächte Dichotomie (Gabelung), da der Scheitel im Moment der Gabelung genau in zwei gleiche Hälften geschieden wird, so ist die Gabelung der Metzgeria eine unächte, weil der neue Gabelast aus einer Zelle des zweiten Grades hervorgeht.

Je höher wir in der Formenreihe vorschreiten, umfomehr ist die Verzweigung des gleichen Ranges eine unächte Gabelung. Je mehr die Pflanze hinneigt, Auszweigungen verschiedenen Ranges zu bilden, umfomehr geschieht die Anlegung des Zweiges, bezogen auf den Hauptstamm, mit geringerer Intensität. So sind alle Gabeln der Sträucher *Syringa* *Fraxinus* unächte Gabeln, entweder zwei Axillärprosse oder ein Hauptproß, welchen der Axillärproß eingeholt hat, Fig. 73.

In keinem vegetativen System der höheren Pflanzen: Charen, Moose, Equiseten, Farrenkräuter, Lycopodiaceen, Selaginellen, Rhizocarpeen, Gymnospermen, Angiospermen, kommt von nun ab während der normalen Entwicklung eine ächte Dichotomie vor. Die Gabelung der Metzgerienlager geschieht wohl meistens aus den Segmenten. Falsche Dichotomien, solche welche nicht auf die genaue Hälftung der Scheitelzelle oder der Endknospe

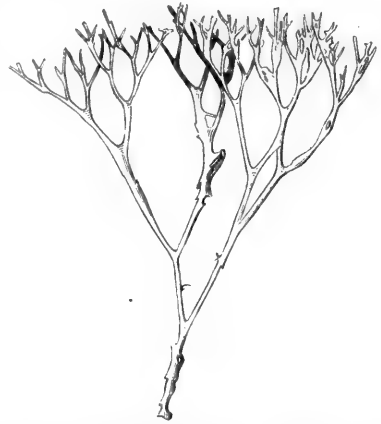


FIG. 74. *Coniocarpon gregarium*. Fucaceen. Bis zur 8.—9. Ordnung dichotomisch verästelt, beirindeter Stamm.

In dem sonst streng dichotomen Lager der Dictyoten kommt es genau analog denselben Vorgängen bei *Metzgeria furcata* (s. weiter unten) zur Bildung von Adventivprossen aus den Randzellen.

An die Dictyota schließt sich *Padina pavonia* an, eine der hervorragenden Gestalten unter den Meeresalgen. Der vegetative Körper gliedert sich nach REINKE in horizontal wachsende, mit Wurzelsafern an der Unterlage (Meeresufer) festhaftende Rundtriebe, welche wiederholt bis zur dritten Ordnung verzweigt sind. Von diesen entspringen die so überaus charakteristischen, halbcheibenförmigen Flachtriebe, welche mit mehreren Scheitelzellen am ganzen Rande wachsen. Der Rand ist im Spiral eingewickelt. Die genauer beschriebenen Formen der unter «Dictyotaceae» zusammengefaßten Gattungen zeigen in der vegetativen Gliederung eine allmähliche Steigerung in der Art des Scheitelwuchses:

- a) einzige Scheitelzelle: strenge Dichotomie, Dictyota;
- b) zahlreiche Scheitelzellen: ungetheilte, halbkreisförmige, fahlförmig gebogene Flachtriebe: zuerst eine einzige, später mehrere Scheitelzellen: (*Zonaria*, *Dictyopteris*) *Padina*;
- c) dichotomes System, einzige Scheitelzelle mit wiederholter Gabeltheilung des Randes, so daß mehrere Scheitel im vorderen Rande des Lagers liegen, *Taonia*.

zurückgeführt werden können, aber gleichwohl im weiteren Verlauf der Entwicklung das Ansehen der Gabelstellung, Fig. 73 B, gewinnen, kommen zuerft wieder in aufsteigender Richtung im Blütenstande von Ephedra, Welwitschia, in den Blütenständen der Phanerogamen vor. Gabelungen, welche mit dem Dictyotatypus am meisten übereinstimmen, kommen in der Wurzelspitze der Selaginella und der Lycopodiumarten und bei Psilotum vor.

3. Vegetation und Generation der Fucaceen¹⁾.

In gleichem Sinne wie bei Dictyota, aber mit dreieitigen oder selbst mehreren Scheitelzellen, gliedert sich das Lager der Fucaceen, Fig. 74, mit cylindrischen, dichotomisch geordneten Zweigen.

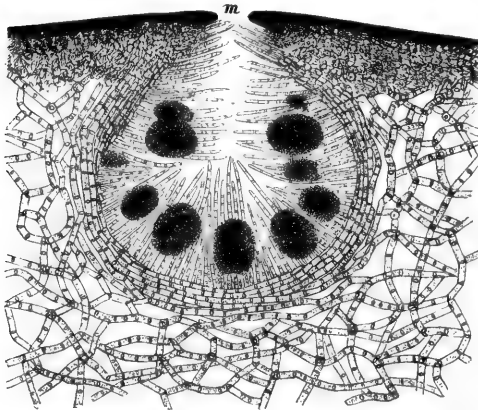


FIG. 75. *Fucus vesiculosus* nach THURET. Durchschnitt senkrecht auf die Fläche eines Fruchtkastes, da wo ein weibliches Conceptaculum entstanden ist, bei *m* die Mündung desselben. Die Rindenschicht aus dichteren, die Markschicht aus lockeren Zellengliedern geflochten, um das Lager der zahlreichen Octosporangien ist das Gewebe dichter. Die Octosporangien in verschiedener Phase der Entwicklung von zahlreichen Paraphyten umgeben.

Die Generation der Gattung *Fucus* wurde zuerft von THURET genauer untersucht, sie bietet für die Entwicklungslehre ein ganz hervorragendes Interesse.

Die Geschlechtszellen sind bei den Fucaceen schon sehr entfernte Verwandte der Eizelle, welche die vegetative Pflanze hervorbringt. Diese meeresbewohnenden Algen bilden in den verwachsenen Pflanzen in dem Lager eingefenkte Receptakeln, in welchen die Antheridien und Oogonien (Sporogonien) entstehen.

Die Conceptacula sind bei einigen zwitterig, d. h. es werden sowohl Antheridien wie Oogonien angelegt. In andern Arten werden die Ge-

¹⁾ Die Fucaceen sind durchaus Meeresbewohner, sie wurzeln zum Theil an den Ufern und bilden hie und da im Ocean mächtige Lager, nach den Berichten der älteren Reisenden sind die Sargassomeere solche Colonien von ungeheurer Ausdehnung. Andere Reisende aber berichten, daß die Sargassomeere nicht von normalwüchsigen Fucaceen, sondern von abgerissenen Stücken der Fucusarten bewohnt sind, welche einen sehr geringen Zuwachs zeigten!?

Nach NÄGELI stehen die Fucaceen im XII. Ordo der Algen nach dieser schematischen Zusammenstellung des NÄGELI'schen Systemes:

A. Algae.

XII. Zonariaceae. Durch vegetative Zellenbildung entsteht eine Zellenreihe (Zellschicht) oder ein Zellkörper; die Keimzellen entstehen durch wandständige Zellenbildung, je eine aus dem auswachsenden Theile der Gliederzellen oder der Rindenzellen.

¹⁰ Chantrelleae. Die Axen sind Zellenreihen.

schlechter in gefonderten Conceptakeln ausgebildet. Das Conceptaculum bildet sich im Innern des vegetativen Gewebes als ein sphärischer Gewebekörper,

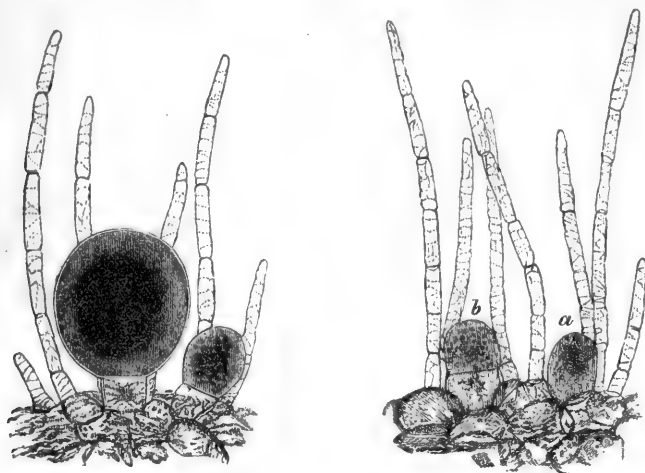


FIG. 76. *Fucus vesiculosus*. Kleine Parthie aus dem Conceptaculum, Fig. 75, links ein fast reifes Octosporangium neben einem jüngeren, an beiden erkennt man die Bafalzelle, umgeben sind beide von mehreren Paraphysen. Rechts eine Parthie in noch jüngerem Zustand, in einem ist die Anlage ein-, im anderen zweizellig. Nach THURET.

Fig. 75, in welchem sich in dem Maße wie die Erweiterung des Raumes erfolgt, zahlreiche Zellketten in radialer Ordnung entwickeln. Aus den Randzellen zwischen den Cylinderketten von Zellen (Paraphysen) entstehen eiförmige größere Zellen, welche sich durch eine Zellwand in eine Bafalzelle und die Anlage des Oosporangium gliedern, Fig. 77 A. Bei *Fucus vesiculosus*, einem streng zweihäufigen Tange, wer-

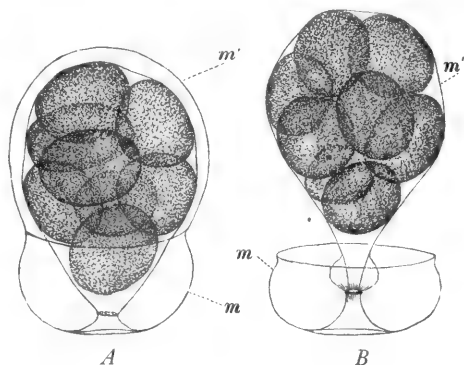


FIG. 77. *Fucus vesiculosus*. A früheres, B späteres Stadium der Häutung des Octosporangiums, m die erste, m' die zweite Hülle.

2° Padinae, flacher Zellkörper, welcher durch viele Zellen am Rande (nicht durch eine Scheitelzelle) in die Länge wächst.

3° Fucaeae, Zellkörper, dessen Axen durch eine Scheitelzelle wachsen.

Vegetative Gliederung der Fucaeaceen.

Der Stamm von *Fucus vesiculosus*, *serratus* wächst dichotomisch mit einer dreiteiligen, zwischen zwei Ausstülpungen am Ende des Lagers eingefenkten Scheitelzelle, welche nach drei Seiten durch diesen parallele Wände (Segmente) absteht. Das Gewebe differenziert sich durch die späteren Theilungen in drei verschiedene Schichten. Die Rinden-

den zahlreiche Oosporangien bis zur vollen Geschlechtsreife ausgebildet. Jedes dieser Organe zerklüftet den protoplasmatischen Inhalt in acht Keim-

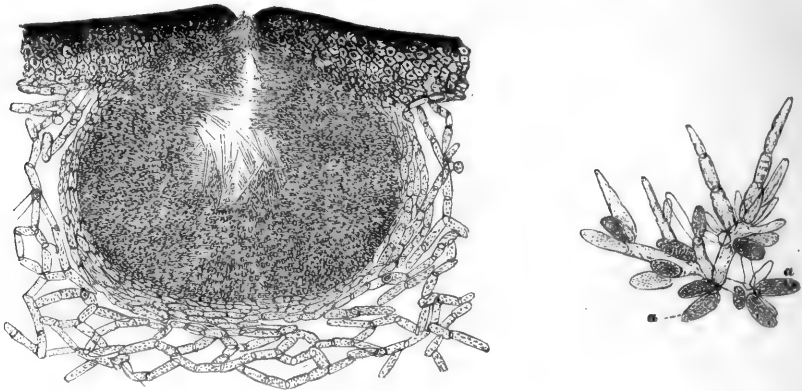
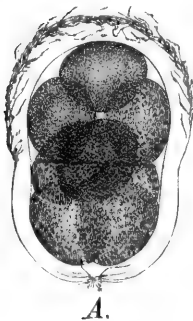
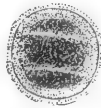


FIG. 78. *Fucus vesiculosus*. Durchschnitt durch das Lager der männlichen Pflanze, da wo ein Conceptaculum befindlich, die anatomische Beschaffenheit wie in Fig. 75, aus den zahlreichen verästelten Cylinderketten werden die Antheridien gebildet; a daneben eine kleine Parthie der verzweigten Cylinderketten, die elliptischen Seitenzweige sind die wenigzelligen Antheridien.



A.



B.

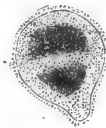


FIG. 79. *Fucus vesiculosus* (nach THURET). A reife Octosporangium noch in der inneren Haut, welche stark gequollen ist, eingeschlossen, an dem apicalen Theil ist diese von zahlreichen Spermatozoiden belagert, welche zum Theil in die Gallert der Haut eingedrungen sind. B isolirte Keimzellen aus dem Octosporangium nach der Befruchtung in Theilung und das letzte in der Bildung des Wurzelhaares begriffen.

und nasser. Beim Trocknen zieht sich der Hohlraum jedes Receptaculums etwas zusammen, beim Benetzen dehnt es sich etwas aus. Jedenfalls aber

bläschen. Zur Zeit der Geschlechtsreife häutet sich die quellende Membran (Fig. 77), offenbar steht sie unter beträchtlichem Quellsdruck des Inhaltes, nach zweimaligem Zerreißen der Haut werden die isolirten Keimbläschen in das Receptaculum und aus dessen Mündung nach dem Meerwasser an die Oberfläche des Lagers ejaculirt.

(Diese Tange wachsen an der Küste, sind durch Ebbe und Fluth wechselnd trockener

schicht ist am dichtesten, sie besteht aus nahezu isodiametrischen, radial geordneten Zellen. Unter dieser liegt die lockere Markschicht, in welcher die Zellen eine größere Ausdehnung und die Zellwände das Maximum der Quellsfähigkeit erreichen. Die Zellen der Rippe sind gestreckt, hyphenartig, von geringerer Ausdehnung. Durch die Quellung eines Theiles der Membranlamellen erscheint die Zellwand der Fucusarten in mehrere Convolute von verschiedenem Lichtbrechungsvermögen differenzirt, welche in eine gestaltlose Gallert (Intercellularsubstanz) eingebettet liegen.

gerathen alle Membranen, auch die Paraphysen, zur Zeit der Geschlechtsreife in den Zustand der Quellung.)

Die männlichen Conceptacula find in ihrer Entwicklung den weiblichen ähnlich. Die Antheridien werden in ungeheurer Anzahl aus den letzten Auszweigungen jener Zellenketten gebildet, welche das Conceptaculum ausfüllen, Fig. 78. Es find kleine elliptische Behälter, aus welchen wenige Spermatozoiden unter demselben Quellungsdruck wie bei den Oosporangien nach dem Conceptaculum und von da nach dem Meerwasser entlassen werden. Sie schwärmen mit zwei Cilien, besitzen einen gelben Plasmakörper. Zu Tausenden besiedeln sie die Keimkugeln und dringen in diese ein. Der Erfolg der Befruchtung äußert sich darin, daß die Keimkugel eine feste zarte Membran erhält, sich theilt und an einem Ende mehrere Zellenfäden ausendet. Aus diesem Gebilde entsteht durch vegetative Theilungen die junge Fucuspflanze. Wir beachten als auffällige Anpassungen an das Medium des Wohnortes:

1° die Ejaculation **beider** Geschlechtszellen. Bei allen höheren Formenkreisen wird nur die männliche Zelle von dem Stamm der Pflanze entlassen;

2° die Befruchtung, welche außerhalb der geschlechtererzeugenden Pflanze im Meerwasser vor sich geht. In allen höheren Verwandtschaftskreisen geht sie im weiblichen Geschlechtsapparat, welcher mit der vegetativen Pflanze oder dem Vorkeim in organischem Zellenverband steht, vor sich;

3° daß die Weiterentwicklung der befruchteten Eizelle sich ohne vorherige Einhüllung und ohne einen Ruhezustand vollzieht. Dieser Zug geht den Characeen als nächst höherem Formkreis ab, kommt allen übrigen höheren Kryptogamen und Phanerogamen zu.

Die Zähigkeit des Lebens macht es bei den Fucaceen möglich, daß sie künstlich gezüchtet werden können. Es ist THURET gelungen, Bastarde zwischen zwei Arten zu erzeugen, welche die Mittelformen der Aeltern darstellten. Auch im Meere find Bastardformen zwischen *F. serratus* und *F. vesiculosus* bekannt.

§ 12. Dritte Nebenreihe, Pilze.

Aus den Betrachtungen über den Zerfall von Organismen nach dem Tod und das Wesen der wichtigsten Pflanzenkrankheiten geht hervor, daß die Pilze jedenfalls aus dem Algenstamm hergeleitet werden müssen. Will man nicht zu dieser Annahme sich bekennen, so bleibt keine andere Erklärung

für die Entstehung dieser Organismen, als die Annahme, daß sie selbständig entstanden sind, sowie die niederen Algen einmal selbständig den Anfang alles Lebens für die höheren Zellenpflanzen beginnen mußten. Die Discussion der Folgerungen beider Annahmen bietet einiges Interesse:

1^o die geschlechtlichen Vorgänge bei den Pilzen sind analog denselben bei den Algen, f. oben;

2^o die histologischen Züge der Pilze lassen sich auf Zellengliederfäden zurückführen, wie sie den niederen Algen zukommen;

3^o die große Mehrzahl der beobachteten Pilzarten ist auf Nährpflanzen angewiesen, ohne welche ihre Entwicklung und Vermehrung ganz unmöglich ist. Hieraus ergibt sich die Gewißheit, daß die Pilze in einer späteren Periode entstanden sind wie die Algen. Aber auch die erdebewohnenden Pilze sind an organische Substanzen gebunden;

4^o die Flechten sind Colonien von niedern Algen in Verbindung mit Pilzen.

A. Keimung.

Die Pilze vermehren sich durch ein- bis vielzellige Sporen von verschiedener Gestalt und genetischer Herkunft, oder durch Schwärmsporen, bewegliche nackte Plasmakörper, welche endlich zur Ruhe gelangen und einen Keimschlauch treiben. Dieser Schlauch (Hyphe) ist eine einfache cylindrische Zelle oder eine Zellenhalle, welche sich dichotom oder dendritisch verästelt. Die Hyphe ist den einfachern Algenkörpern zu vergleichen; sie stimmt mit den höheren (f. S. 112) auch überein durch terminales Wachstum. Die Keimung der Sporen erfolgt bei der großen Mehrzahl der Pilze unmittelbar nach dem Ausfliegen aus den Sporenbehältern der vorhergehenden Generation; bei einigen ist eine Ruhezeit von Wochen bis mehreren Monaten erforderlich. Die Pilze haben sich in der mannigfaltigsten Weise der Unterlage oder den lebenden Nährpflanzen angepaßt; es ist daher thunlicher, für jede Familie die Entwicklungsgeschichte im Besonderen darzulegen.

B. Formen des Mycelium.

Ein Complex zahlreicher Hyphenverästelungen stellt den vegetativen Körper der Pilze dar, das Mycelium. Dasselbe ist seiner Lebensweise nach ein saprophytes, d. h. es ernährt sich auf Unkosten von organischen Zersetzungsproducten, im Waldboden, Humus und in Thier- und Pflanzenleichen, oder ein endo-, beziehentlich epiphytes, es dringt in lebende Pflanzen ein oder besiedelt deren Oberfläche. Das Mycelium ein und derselben Pilzform, so namentlich in dem Verwandtschaftskreise der Basidiomycetes, kann zeitweilig saprophyt, zeitweilig endophyt auftreten; dahin ge-

hören zum Theil die parasitischen Agaricineen, welche ursprünglich den Waldboden bewohnten.

Der Verlauf der Hyphen bei endophyten Mycelien kann intercellular oder intracellular sein, Fig. 80 und 81; für einige Pilzformen ist die eine oder die andere dieser Wachstumsformen ein constanter Charakterzug, bei anderen kommen einer und derselben Pilzform beide Arten des Wachstums zu.

Das Mycelium ist bei *A* noch intercellular, sendet durch die Wand in *b* Fig. 81 die blasig angeschwollenen Haustorien (Saugwarzen); von diesen aus entspringen die büschelig verzweigten Myceläste *mz*, Fig. 81 *B*.

Das Mycelium ist fädig, kann dabei in Platten oder unregelmäßigen dendritischen Verzweigungen wachsen, oder es

ist geschichtet und entspricht in dieser Form dem Thallus der Flechten. (Eingehenderes siehe bei den einzelnen Familien.)

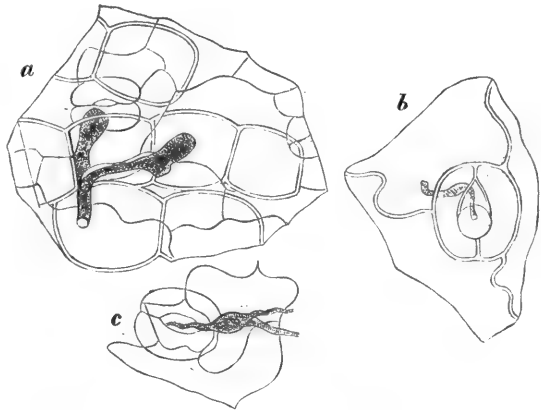


FIG. 80. Keimende Zoosporen von *Cistopus*, welche in die Spaltöffnungen der Nährpflanze ihre Keimschläuche treiben.

C. Grundriss der Generation.

Die niedere Stufe der geschlechtlichen Vereinigung ist bei den Pilzen die Copulation zweier gleicher Hyphenäste und die Bildung der Zygospore (Mucorineen siehe weiter unten). Der nächst höhere Schritt macht sich darin kenntlich, daß der eine Copulant, gegenüber dem anderen passiven, die Rolle eines aggressiven männlichen Befruchtungsschlauches spielt: *Eriyphe*, *Saprolegnia* und *Pyronema*.

Die obere Stufe der Entwicklung zeigt die Ausbildung von Oogonien, welche durch Spermatozoiden befruchtet werden (*Saprolegnieen*). Sowie bei den Algen geht die Complication im vegetativen Bau nicht parallel mit der sexuellen Erhebung. Die complicirter gebauten Pilzkörper kommen zunächst den landbewohnenden Basidiomyceten zu, wo die Propagation durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen vermittelt wird. Die sexuell höher stehenden *Saprolegnieen* sind wassertüchtig, die Mucorineen, Peronosporaceen schließen sich in dem geschlechtlichen Acte hier an, bewohnen saftige Pflanzentheile, stehen in der vegetativen Gliederung niedriger als die Basidiomycetes. Im Allgemeinen macht sich in dem Modus der geschlechtlichen Mischung eine

Anpassung an den Wohnort geltend. Wir erhalten für die sexuelle Fortpflanzung die nachfolgenden Typen, welche entschiedenen Anschluß an die Algen besitzen (f. oben S. 84 ff.).

1. Fadenmycelium, die beiden Copulanten sind vollkommen gleichwerthig.

Aus dem vegetativen Mycelium des Syzygites, der Rhizopus und anderer bilden sich zwei Jochschläuche, welche verwachsen; jeder Copulant bildet zwei Zellen; diese verschmelzen zur Jochspore (f. oben Fig. 34).

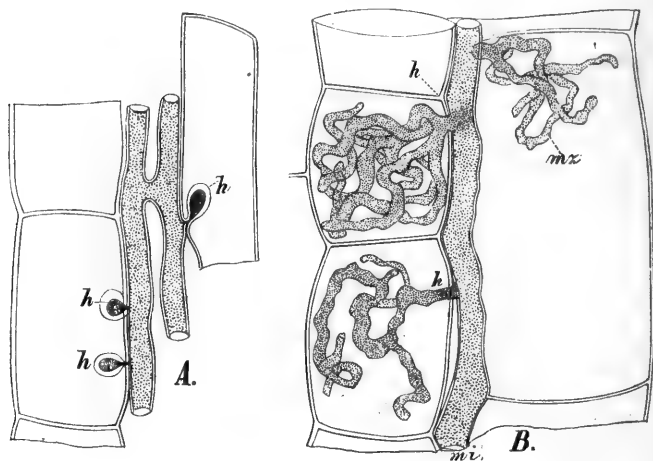


FIG. 81. *Peronospora calotheca* (auf *Asperula odorata*). *mi* Intercellulares, *mz* Mycelium in der Zelle, von den die Wand durchbohrenden Haustorien *h* entprossend.

2. Fadenmycelium, ungleicher Werth der Copulanten.

Hierhin gehört die Befruchtung der Erisyphe (Perisporiacei, Pyrenomycetes, f. Systematik der Pilze) und diejenige von *Pyronema confluens* (Discomycetes, Ascomycetes, f. Systematik der Pilze).

I. Erisyphe¹⁾.

Zwei Hyphen verstränken sich, Fig. 82, und es bildet die eine die empfangende Zelle, Oocyfte, welche von dem Abkömmling der andern, dem Antheridium, umschlungen wird.

Das Gebilde, welches aus dieser Verschmelzung entsteht, unterscheidet sich durch hohe Gliederung von der Zygospore (der Syzygites u. a., f. oben

¹⁾ Die Erisyphe mit zahlreichen, meist nach der Nährpflanze genannten Arten: *E. alni*, *E. aceris*, *E. humuli* u. a. bilden epiphyte Mycelien, welche mit kurzen Keimschläuchen (Haustorien) dem Blatte anhaften. Der Proceß der Copulation vollzieht sich auf dem Blatte der Nährpflanze. Außer diesem Modus bilden dieselben Mycelien noch zweierlei Vermehrungsapparate, die Picnidien und die Stylosporen.

S. 85) und dadurch, daß die Zellen der Oocyfte und des Antheridium, ehe es zur Bildung der Sporen kommt, sich wiederholt theilen, so daß ein sphärischer Fruchtkörper entsteht, in dessen Innerem zuletzt mehrere Sporenschläuche (Asci) angelegt werden.

II. *Pyronema confluens*.

In derselben großen Classe der Ascomyceten ist ein zweiter Vorgang der Copulation bekannt, welcher noch interessanter ist dadurch, daß die Copulation zuerst zur Bildung eines complicirt gebauten Fruchtkörpers Veranlassung gibt. Die *Pyronema confluens* bildet aus dem Mycelium durch vegetative Theilung die kuglig anschwellenden weiblichen Zellen (Makrocyften), *M* Fig. 83. Mit diesen copuliren die keulenförmigen aus demselben Mycel entstandenen männlichen Paracyften, *p* Fig. 83. Der Erfolg dieses Actes ist aber keineswegs die Bildung einer ruhenden und später keimenden Spore, sondern es entstehen unmittelbar nach demselben die Sporenlager aus den Hyphen *H*, welche in der Nähe der Makrocyfte entsprossen. Diese wachsen zu einem tellerförmigen wenige Millimeter großen Perithecium heran, und bilden in diesem zuletzt zahlreiche Asci. Jeder Ascus bildet acht Sporen durch freie Zellbildung. Der geschlechtliche Act regt somit hier eine Zelltheilung an, welche einen durchaus vegetativen Charakter besitzt.

Die bei *Erisyphe* und *Pyronema* beobachtete Copulation unterscheidet sich somit sowohl von demselben Vorgang bei den *Syzygites* und den *Conjugaten* als auch von den nachfolgend zu schildern den Befruchtungsvorgängen. Die einzige Erhebung aber, bezogen auf die niederen *Conjugaten*, liegt in der ungleichen gestaltlichen Ausbildung der beiden copulirenden Zellen (*p* und *M* Fig. 83). Dieser Zug wird von jetzt ab in allen späteren Formkreisen stetig gesteigert. In den nachfolgenden Typen sind die Algen und Pilze in ihren Analogien zusammengestellt, die

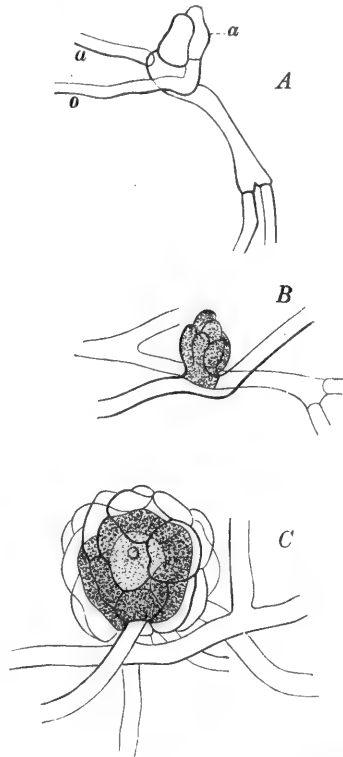


FIG. 82. *Erisyphe Cichoracearum*. *A* der Mycelfaden *a* hat die Oocyfte gebildet, der Mycelfaden *o* hat das Antheridium *a* gebildet. *B* die Oocyfte wird von dem Antheridium eingeschlossen. *C* die Oocyfte ist von dem Antheridiengewebe ganz eingeschlossen. (Nach DE BARY, *Ann. d. sc. nat.* V. 5. 1866.)

Lebensweise der in Frage kommenden Formen und ihre Stellung im System in Noten berücksichtigt.

Rückschläge und verschwindende Züge.

Der geschlechtliche Zug zweier Schlauchzellen, sich entgegen zu wachsen, mit einander zu verwachsen, die Copulation, geht als Formkeim mit,

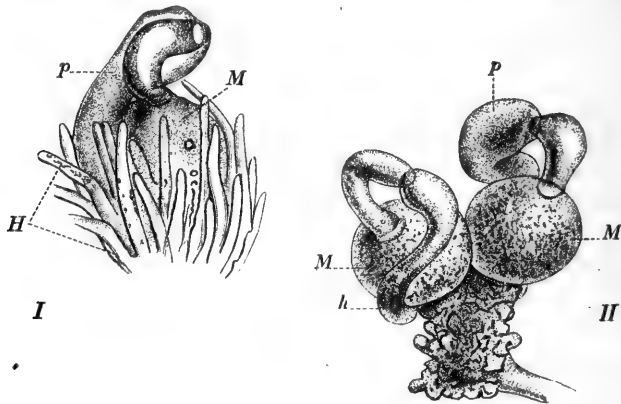


FIG. 83. *Pyronema confluens*. I copulierende Makrocyfte, p Paracyfte, H das System von Hyphen, welches nach der Befruchtung um die Makrocyfte entsproßt, und später das Fruchtlager bildet. II zwei befruchtete Makrocyften. Das Perithecium entsteht aus den Hyphen H in I. (Nach *Ann. d. sc. nat. Bot. V. 6. 5.* TULAME, *Copulation des champignons*.)

kommt aber nicht mehr zum sichtbaren Ausdruck und erlangt keine höchste Bedeutung bei den Phanerogamen.

In diesem hohen Verwandtschaftskreise kommt gerade die parasitäre Tendenz, welche der Pilzhyphe eigenthümlich ist, im höchsten Grade zum Ausdruck. Ohne die Fähigkeit des Pollenschlauches, den weiblichen Stock, Narbe, Griffel, anzubohren, in ähnlicher Weise wie die Pilzhautstorianen thun, wäre die geschlechtliche Mischung dort gar nicht möglich.

3. Schlauchmycelien, Oogonien und Antheridien.

Die Ausbildung beweglicher Keimungserreger in Form von Spermatozoiden bleibt allen höheren Descendenten des Algenstammes durch die Charen, Moose, Gefäßkryptogamen. Sie ist verloren gegangen bei den Coniferen und Phanerogamen.

Die Neigung, eine von der empfangenden Zelle morphotisch verschiedene Erregerzelle zu bilden, kommt noch in ausgesprochenster Weise bei den Peronosporeen vor¹⁾, Fig. 84, wo das Antheridium a in C, die keulen-

¹⁾ Die Peronosporeen sind endophyte mikroskopisch kleine Pilze, welche mit mehreren andern Familien in die Ordnung der Phycomycetes, DE BARY, vereinigt sind. Es gehören zu den Phycomycetes die: 1° Peronosporaei, DE BARY; 2° Saprolegnei, DE BARY; 3° Mucorini, DE BARY; 4° Chytridiei, DE BARY; 5° Protomyceti, DE BARY.

förmige Anschwellung eines Hyphenastes, sich an das Oogonium anlegt und einen spitzen Schlauch durch dessen Haut schiebt, durch welchen die geschlechtliche Mischung vermittelt wird.

Antheridien und Oogonien sind wie bei *Vaucheria* nahe verwandte Abkömmlinge des vegetativen Hyphengeflechtes.

Der Modus der Befruchtung, welchen wir bei *Cistopus* beobachten und derjenige durch bewegliche Samenfäden kommt in der Familie der leichen- und wasserbewohnenden Saprolegnien gleichzeitig vor.

Wir unterscheiden hier:

1° Oosporangien durch Antheridienförmige befruchtet bei *Achlya lignicola*, Fig. 86 O;

2° Zoosporen, welche in großer Zahl aus gegliederten Fäden entlassen werden, Fig. 85 B, Fig. 86 A;

3° Oosporangien durch Spermatozoiden befruchtet bei *Saprolegnia dioica*, Fig. 85 A;

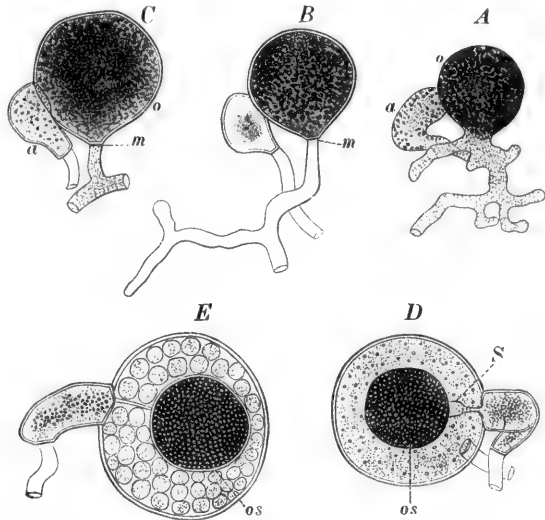


FIG. 84. *Peronospora alsinearum*. Entwicklungsreihe des Oogonium. A junges Oogonium mit einem ihm angepressten Mycelzweig *a*, das Antheridium. B C das Oogonium in *m* durch eine Wand von dem Mycelfaden getrennt, die Antheridien *a* ausgewachsen. D von dem Antheridium dringt der befruchtende Schlauch *s* in das Oogonium, die Oospore ist entstanden. E die Oospore besitzt eine dünne Membran.

Die Peronosporeen entwickeln aus beweglichen Zoosporen oder Oosporen, welche durch den Thau oder Regen ihre Bahn nach den Blättern und Zweigen des Wirthes finden, zuletzt Keimschläuche, welche die Epidermis befiedeln und endlich durch die Spaltöffnungen in das Innere des Wirthes eindringen. Sie deformiren das Gewebe der Nährpflanze, bewirken Anschwellungen und Verkrümmungen, bei der Kartoffel die rasche Zerfetzung (Fäulniß des Blattes). In dem endophyten Mycelium entwickeln sich die Oogonien des *Cistopus*, welche in dem absterbenden Pflanzentheile eingeschlossen bleiben. Mit der Verwesung dieser Theile werden die in der Oospore gebildeten Schwärmzellen frei. Gleichzeitig bilden sich an demselben Mycelium unter der Epidermis die Conidien, vegetative Sporen, welche sich abgliedern und auf geeignetem Substrat innerhalb weniger Stunden direct keimen oder zuvor mehrere Zoosporen bilden, welche die Conidie verlassen, schwärmen und zuletzt keimen. Die beschriebenen Gattungen sind *Cistopus* mit Conidien und Oogonien, und *Peronospora*, bei welcher nur die Conidien bekannt sind.

4^o Androsporen, welche die Schläuche verlassen, keimen und männliche Pflänzchen bilden, Fig. 85 *B* (f. Systematik der Pilze S. 158).

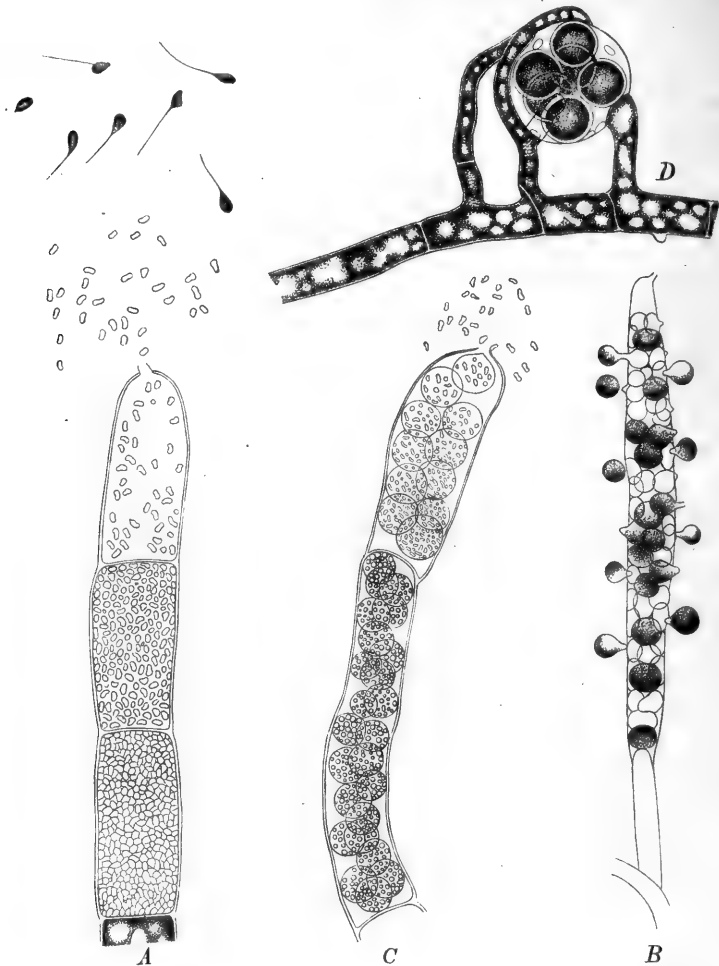


FIG. 85. *Saprolegnia dioica*. *A* männlicher Schlauch, die oberste Zelle entläßt die Samenkörper. *B* Androsporen erzeugender Faden, die Androsporen zum Theil ausgetreten. *C* *Achlya dioica*, männlicher Schlauch. *D* Oosporangium mit reifen Sporen. (PRINGS. in den Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 2.)

Die Saprolegnien bewohnen lebende Thiere, so namentlich die Fliegen, deren Tod sie bewirken; aus der Leiche des Thieres oder noch zu Lebzeiten desselben brechen aus den Leibesringeln mächtige Gliederfäden hervor, aus welchen sich die Zoosporangien, die Oogonien und Antheridien entwickeln. Die Wand der Oogonien, Fig. 85 *D*, ist von kreisförmigen Poren durchbrochen, durch welche die Spermatozoiden eindringen. Nach der Befruchtung zerklüftet sich der Inhalt des Oogonium in mehrere bis 20—30

Oosporen, welche sich nicht mit einer festen Membran umhüllen. Die Hüllen der entleerten Zoosporangien werden bei einigen Formen von tiefer liegenden Zellen durchwachsen. Die Zoosporen ziehen nach kurzer Zeit ihre Cilien ein und bilden Keimschläuche, welche sich in Zellen gliedern. Der Proceß der Keimung verläuft innerhalb weniger Stunden. Die Infection der Insekten ist bis jetzt nicht genauer untersucht.

D. Systematische Uebersicht der Pilze.

1. Plasmodiophori.

I. Myxomycetes¹⁾ (vergl. Bd. I., S. 21).

Der Entwicklungsgang der Myxomyceten verläuft in den groben Zügen von der Spore hergeleitet so: die derbwandige Spore entläßt aus der Membrane zur Zeit der Keimung einen Schwärmer von spindelförmiger Gestalt, welcher im Wasser schraubenlinige Bewegungen ausführt²⁾; die Spindel des nackten Plasmakörpers steht dabei senkrecht zur Richtung, in welcher sich der Schwärmer fortbewegt. Nach einiger Zeit wird die Cilie eingezogen; das Gebilde geht in den Amöbenzustand über, in welchem es längere oder kürzere Zeit verharret. (Ueber Amöbenformen, f. Bd. I. d. Handbuches, S. 12 ff.). Die Amöben verschmelzen zuweilen, sie affiliren die im Substrat disponibelen Nährkörper. Das Plasmodium ist der dritte Zustand der Keimung. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die großen, oft z. B. bei *Aethalium vaporarium* nach Litern meßbaren Plasmamassen durch Zusammenfließen und selbständige Ernährung zahlreicher Amöben entstanden sind. Das Plasmodium verzweigt sich als nackte flüssige Masse über das Substrat. (Ueber die Art der Bewegung, f. Bd. I. d. Handbuches, S. 22 ff.)

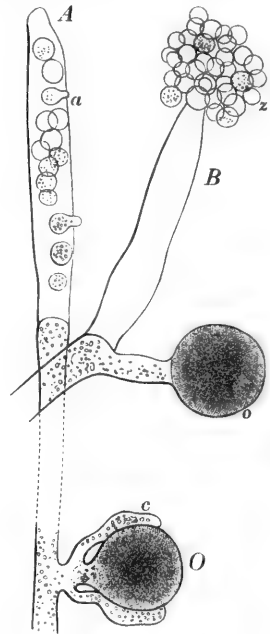


FIG. 86. A a Zoosporangium, ein Theil der Zoosporen hat sich innerhalb desselben gehäutet, O ein von Antheridienförmigen befruchtetes Oogonium. B Achlya lignicola, a Zoosporangium, aus welchem die Zoosporen hervorgetreten, O Oogonium vor der Befruchtung. (PRINGS. Jahrb. B. VIII. S. 314. HILDEBRANDT, Einige neue Saprolegnien.)

¹⁾ L. CIENKOWSKY, Zur Entwicklungsgech. der Myxomyceten. Seite 325. Pr. Jahrb. Bd. III. 1863. — A. WIGAND, Zur Morphologie und Syftematik der Gattungen Trichia und Arcyria. Seite 1. Pr. Jahrb. Bd. III. 1863. — A. DE BARY, Ueber die Myxomyceten. Bot. Ztg. 58. — A. FAMINTZIN, Beitrag zur Kenntniß der Myxomyceten. Bot. Ztg. 73. — FÜCKEL, *Symbolae mycologicae*. Wiesbaden. J. Niedner. 1869.

²⁾ Die Fadenkeimung aus der Myxomycetenpore ist bis jetzt nicht mit Bestimmtheit beobachtet, oder doch nur an solchen Formen, welche nicht mit Bestimmtheit dem Verwandtschaftskreise zugerechnet werden dürfen, f. CIENKOWSKY, a. a. O. S. 420 ff.

Die Myxomyceten schützen sich gegen Austrocknung, indem sie sich encystiren; dieß gilt sowohl für die Schwärmer, welche alsdann sich in eine kuglige Zelle mit sehr dünner Membrane umbilden (Mikrocyste), als auch für die Plasmodien, welche unter den gleichen Umständen sich in mehrere derbwandige Cyften umwandeln. Wasserzufuhr und Wiederherstellung der geeigneten Lebensbedingungen bewirken, daß der Schwärmer wieder frei wird, daß das Plasmodium wieder in den beweglichen Zustand übergeht. Endlich ist der Uebergang vom Plasmodium in Zellen beobachtet.

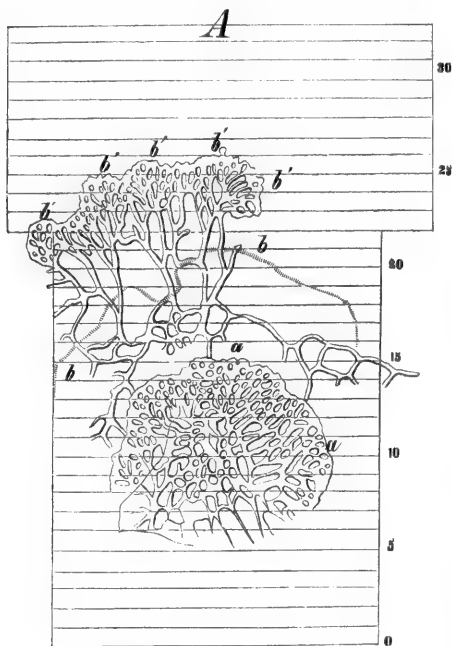


FIG. 87. *A* ein Plasmodium auf einer unter 45° geneigten Platte rückt gegenfönnig zur Schwere von *a a* nach *b b b* und *b' b' b'* vor, nat. GröÖe. *B* Plasmodium auf horizontaler Platte, nat. GröÖe, nach ROSANOFF.

Die Entwicklung der Myxomyceten schließt ab mit der Bildung der Sporangien. Im Allgemeinen verläuft dieser Proceß so: die Plasmamasse sammelt sich zu großen Klumpen, aus diesen erheben sich cylindrische oder sphärische Warzen, welche sich in kurzer Zeit mit einer dünnen Haut überziehen. Diese «Peridie» umhüllt die ganze Plasmamasse. Im Innern differenzirt sich das Haargeflecht, Capillitium. Im complicirtesten Falle, etwa *Stemonitis fusca*, Fig. 89, entspringt das Capillitium als vielfach verästeltetes Netzwerk an einem axilen massiven Zellstofffaden *A*, welcher an der Basis in die structurlose erhärtete Masse des Plasmodium übergeht. Die Plasmamasse im Innern der Peridie zerfällt in zahlreiche kleine kuglige, braun oder violett gefärbte Sporen mit derber doppelter Membran. Der ganze Proceß von der Ansammlung der Masse des Plasmodiums bis zur fertigen Ausbildung der Sporen erfordert unter Umständen nur 12—24 Stunden. Zuletzt wird die Peridie trockenhäutig, sie zerreißt; die Sporen verstäuben, ruhen und keimen auf geeignetem Substrat, auch in künstlichen Culturen.

a) *Lycogala*, DE BARY.

Die Sporangien sind sitzend mit fester doppelter Membrane mit einer Oeffnung am Scheitel. Das Capillitium ist mit der inneren Membranlamelle verwachsen in verästelte bandartige Zellstoffäden. Die Columella fehlt. Die Sporen sind in unreifem Zustande roth, zur Zeit der Reife braun. Die Kalkablagerung im Sporangium fehlt. *Lycogala*, MICHELI; *Reticularia*, FRIES. An faulendem Holze, an Wurzeln im Moos; die Sporenreife meist im Herbst.

b) *Trichiaceen*, DE BARY.

Die Sporangien sind sitzend oder gestielt; das Capillitium fehlend oder rudimentär mit netzartigen Fäden. Die Columella fehlt. Die Sporen roth, braun oder farblos. Das Capillitium vorhanden: *Trichia*, DE BARY; *Arctyria*, HILL; *Dictydium*, ORIBRASIA, SCHRADER; *Perichæna*, FRIES. Das Capillitium fehlt: *Licea tubulina*.

Bei den Trichiaceen kommen isolirte Fäden mit knotiger oder spiraliger Verdickung vor, welche mit den reifen Sporen aus der Peridie entlassen werden (Schleuderer oder Elateren). Diese erscheinen areolenartig doppelt oder einfach gestreift, dichotomisch verzweigt, spitzfaserig. Sie spielen bei der Verwehung der Sporen, dadurch daß sie hygroskopisch sind, sich im trocknen Zustande spiralig krümmen, im nassen strecken, eine Rolle in der Mechanik des Ausstreuens.

Die Trichiaceen bilden ihre Sporangien am faulenden Holze, an der Rinde der Waldbäume, Buche, Pappel u. a. m.

c) *Stemonitaceen*, DE BARY.

Die Plasmodien leben in der Walderde und bilden bis mehrere Centimeter große weiße Schleimklümpchen mit groben dendritischen oder mattenartigen Ausstülpungen. Die Capillitien in Colonien spindelförmig oder cylindrisch mit einem festen Axenstrang, welcher in die formlose er-

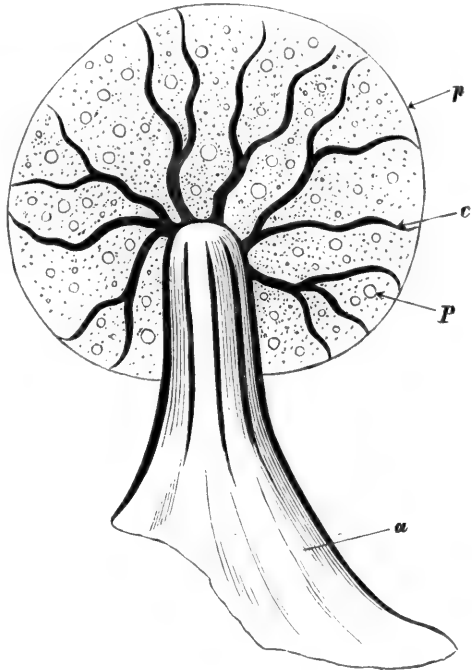


Fig. 88. Capillitium eines Myxomyceten. a structurlose Lamelle, b Peridie, c Haarfäden, P Protoplasma.

härtete Masse des Plasmodium bei *B B'* übergeht. Die Peridie ist eine dünne Haut, c Fig. 89. Das Capillitium aus dünnen Netzfäden ist reich gegliedert, schließt an die Haut der Peridie an. Das Maschenwerk des Capillitium ist mit den kugligen Sporen erfüllt.

Einzige Gattung: *Stemonitis*, GLEDITSCH. Im Walde an faulendem Holze, im Moospolster und ähnlichen Orten. Sporenreife im Spätsommer.

d) *Physareae*, DE BARY.

Das Sporangium ist beiderseits mit Kalkablagerungen versehen, sitzend oder gestielt. Das Netzwerk des Capillitium mit der Haut der Peridie in Verbindung. Sporen violett oder violettbraun.

Diachæa, FRIES; *Spumaria*, PEREON; *Aethalium*, LINK; *Didymium*, *Physarum* u. a. m.

Aethalium septicum kommt an feuchten Waldstandorten hie und da vor.

Aethalium vaporarium in der Gerberlohe ist das zugänglichste Studienobject für das Studium der Plasmodien. In III der Fig. 90 ist ein Plasmodium dieses Mixomyceten nach einem Photogramm festgehalten (f. Bd. I. des Handbuches, S. 22).

2. Untere Stufe der Mycelbildner.

Wenn bei den Myxomyceten die Fadenkeimung mit Bestimmtheit nachgewiesen ist, so ist auch ihr morphotischer Anschluß an die niederen Mycelbildner nachgewiesen. In dieser Gruppe von Pilzen kommt die Keimung mit Schwärmern, mit der Fadenkeimung bei einer und derselben Art vor (*Peronospora*). Wir betrachten hier die:

II. *Phycomycetes*:

Chytridiaceae, *Saprolegnieae*, *Mucorini*, *Peronosporae*, DE BARY.

Der gemeinschaftliche Zug dieser mikroskopisch kleinen Pilze liegt in

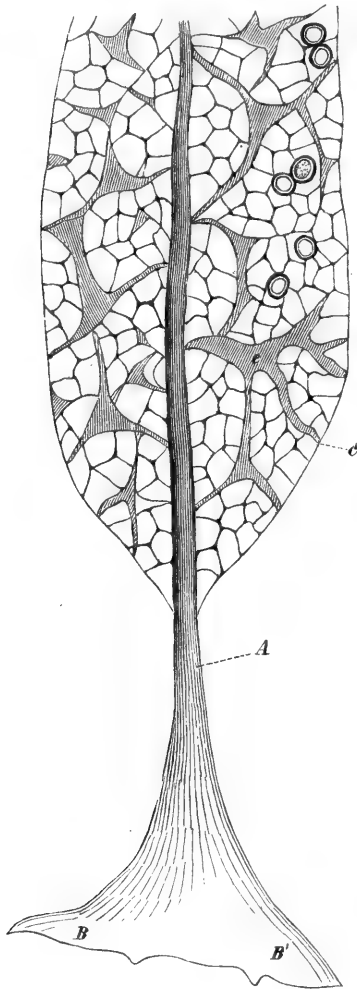


FIG. 89. Capillitium von *Stemonitis fusca*. Der Körper entspringt in *B B'* der structurlosen erhärteten Plasmamasse, ist in der Achse *A* in einen massiven Zellstoffstab und außerordentlich feine, hie und da (in *c*) verbreiterte Haarfäden differenziert, welche in eine feine Hülle verlaufen (^{300x}).

und derselben Art vor (*Peronospora*). Wir betrachten hier die:

der rudimentären Ausbildung des vegetativen Körpers des Mycelium. In Bezug auf die Lebensweise lassen sich zwei Gruppen bilden:

Endophyte Phycomyceten: Chytridiaceae, Peronosporae sind durchaus auf lebende Pflanzen angewiesen. Hierher gehört auch ein Theil der Mucorini.

Endozoe Phycomyceten: Saprolegnien sind auf lebende Thiere oder Thierleichen angewiesen.

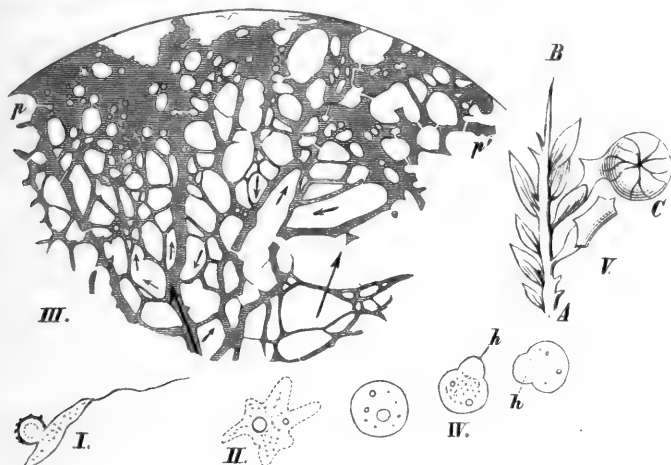


FIG. 90. I der Schwärmer von *Aethalium septicum*. II die Amöbe von *Aethalium*. III das Plasmodium von *Aethalium*. IV die amöboiden Bewegungen eines Plasmotropens der *Spongilla* innerhalb fünf Minuten. V das Capillitium eines Myxomyceten auf einem Moospflänzchen.

a) Chytridiei, DE BARY. (Literaturzusammenstellung, f. Bd. I. d. Handbuchs, S. 638.)

Diese in der neueren Zeit genauer untersuchten, sehr kleinen Parasiten bewohnen die Algen des Süßwassers: *Closterium*, *Confervae*; kommen aber auch auf den Blättern höherer Pflanzen: *Anemone*, *Taraxacum*, *Mercurialis*, auf den Wurzeln der Erle vor. Die Gattung *Synchytrium* (DE BARY und WORONIN) stellt die niedere Stufe in der Genese dar. Diese Pilze beschränken sich auf die Bildung von Schwärmsporen (Zoosporen), welche wiederum auf der Epidermis der Nährpflanzen keimen. In der Epidermis der befallenen Pflanzen: *Succisa*, *Taraxacum*, *Anemone*, *Mercurialis* u. a. m. findet sich eine sphärische Epidermiszelle, welche sich unter dem Einfluß des Parasiten vergrößert hat; dieselbe enthält die zunächst einfache, mit fester, braun oder roth gefärbter Membran versehene Chytridiumzelle. Das Plasma dieser ist farblos oder durch ein an feinvertheilte Oeltröpfchen gebundenes Pigment orange oder gelb gefärbt. Diese Chytridiumzelle häutet und theilt sich in zahlreiche Mutterzellen der Sporangien. Die Sporangienzellen werden isolirt; in jeder entstehen zahlreiche kuglige oder elliptische Zoosporen, welche

die dünne Haut der Sporangien an einer Stelle durchbrechen und austreten. Sie besitzen einen oder zwei Pigmentkörper und eine einzige Cilie. Die Schwärmer dringen durch die Epidermis und bilden sich dort zu Ruhezellen um, welche zunächst mit einer dünnen Membran versehen sind. Bei der systematischen Gliederung der Chytridien kann die Beschaffenheit der Membran der Ruhezellen und die Farbe des Plasma zu Grunde gelegt werden. Die Chytridiumarten verursachen nur eine geringfügige Störung in der befallenen Nährpflanze, welche sich auf die Umbildung weniger Epidermiszellen zu einem Wärrchen in der Nähe der Ruhezelle beschränkt. Genauer untersucht sind *Synchytrium globosum*, *anomalum*, *taraxaci*, *succisae*, *stellariae*, *aureum* (f. SCHRÖTER, a. a. O.).

Den nächst höheren Schritt in der Entwicklung zeigt die in der neueren Zeit durch NOWAKOWSKY eingehender studierte Gattung *Polyphagus*. Die Schwärmzelle, Zoospore dieser Chytridiee befällt die *Euglena viridis* mit einem Haustorium, welches in den Wirth eindringt. Der Parasit erhält eine feste Membran, ist von kugliger oder keulenförmiger Gestalt und sendet zahlreiche Wurzelfäden aus, welche die *Euglena* befallen. Die Vermehrung geschieht zunächst durch Zoosporen. Die Zoosporangien werden gebildet, indem der gesammte Plasmakörper aus der kugeligen Zelle austritt, sich zu dem Zoosporangium gestaltet. In dem Plasma derselben differenzieren sich zahlreiche Zoosporen mit einer Cilie und einem gelben Pigmentkörper. Die Keimung der Zoosporen erfolgt sehr rasch. Die Propagation der vegetativen Körper ist dementsprechend ebenfalls sehr beschleunigt, so daß in den künstlichen Culturen bald eine Ueberfüllung und endlich, nachdem alle *Euglenen* getötet und verzehrt sind, das Absterben eintritt. In den dichten Colonien bildet sich in der Cultur nach zahlreicher Wiederholung der geschlechtlosen Generation die geschlechtliche. Es bilden sich zweierlei *Polyphagus*-formen aus, die Männchen sind kleiner, die Weibchen größer. Die Plasmakörper werden entlassen. Das Protoplasma wölbt sich zu einer Blase, welche aus einer vorgebildeten Oeffnung austritt. Es bildet eine ovale Masse, welche vor der Oeffnung liegen bleibt und stellt die Gonosphäre oder Befruchtungskugel dar, welche jedenfalls membranlos oder doch mit einer nur plastischen Hülle versehen ist; mit dieser kommt das Haustorium eines Männchens in Berührung. Die Befruchtung geschieht so, daß der gesammte plasmatische Inhalt des Männchens sich durch die Röhre des Haustorium nach der Gonosphäre ergießt. Die vereinigte Plasmamasse umhüllt sich mit einer anfangs zarten, später doppelt geschichteten (Exine, Intine) Membran und wird zur glatthäutigen Oospore. Außer dieser bilden sich auch in den gleichen Culturen durch Copulation stachelhäutige Jochsporen. Die Keimung der glatthäutigen tritt nach einigen Wochen ein; der Plasmahalt wird zum Zoosporangium.

Stellen wir die Evolution für mehrere Generationen zusammen, so kommt eine auffällige Analogie mit einigen Algen zum Vorschein:

I. die Zoospore keimt und bringt ein Prosporangium, den vegetativen Körper des Parasiten, hervor, aus diesem das Zoosporangium: Zoospore u. f. f.;

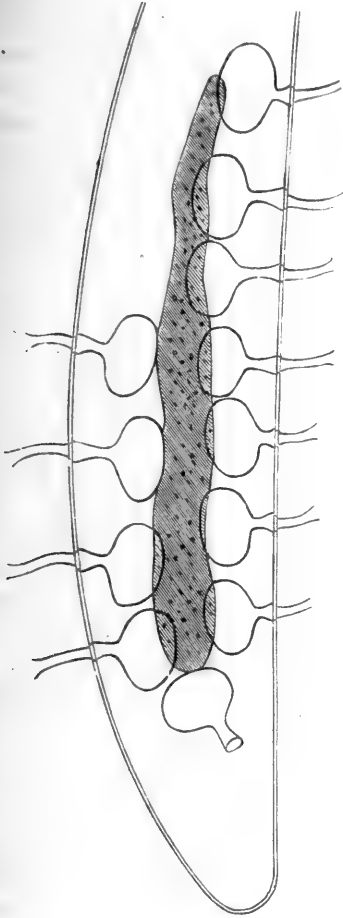


FIG. 91. Absterbendes Exemplar von Closterium Luna, auf dessen zu einem braunen Strang contrahiertem Inhalte zwölf Exemplare von Chytridium endogenum sitzen, welche die Zellhaut durchbohren und als Röhren über dieselbe hervorragen, sie sind sämtlich entleert.

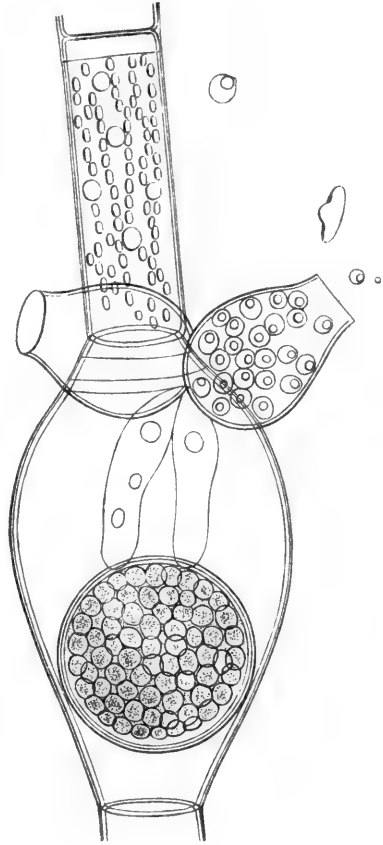


FIG. 92. Ein Faden von Conferva bombycina, welcher zwei Exemplare des Chytridium Ladenula trägt. (A. BRAUN, Ueber Chytridium etc. Aus den Abh. der Königl. Akad. zu Berlin 1855.)

II. endlich erfolgt die Bildung von Männchen und Weibchen aus der ungeschlechtlichen Generation. Vereinigung zweier Plasmamassen. Ruhezustand. Keimung: Zoosporangium. Zoospore, Keimung und Anschluß an I u. f. f.

Die höchste morphotische Stufe erreichen in der Gruppe dieser niederen Organismen die Gattungen Rhizidium, Obelidium und Clado-

chytrium. Die Formen sind zum Theil zweizellig; die eine Zelle stellt ein zierlich dichotomisch strahlenförmiges System von Keimfäden dar, die zweite Zelle, spindelförmig oder kuglig, ist das Zoosporangium. Sämmtliche Formen sind parasitär auf Algen: Conferven, Diatomeen, Cladophoren, Chaetophoren u. a. m. (f. NOWAKOWSKY, a. a. O. S. 73 ff.).

Schinzia alni, ein in diesen Verwandtschaftskreis gehöriger Parasit, lebt auf der Wurzel der Erle und erzeugt dort 2—3 mm große Anschwellungen an der Rinde, in welchen die Sporangien entstehen. Es sind sphärische Zellen, welche kleine stäbchenförmige Sporen entlassen. Diese keimen zu gegliederten Fäden in dendritischer Verzweigung. Die Knöllchen häufen sich an der Erle zu tausend und stellen bis faustgroße Gefchwülste dar. Ein ähnliches Vorkommen findet sich an der Wurzel von Lupinus (f. WORONIN, *Ann. d. sc. natur., Série V*, Bd. VII.).

b) Saprolegnieae ¹⁾.

Der vegetative Körper der Saprolegnieen ist ein Schlauch mit farblosem Plasma, welcher aus der Leiche der Insekten hervorstößt. Diese ist in eine aus zahlreichen solchen Schläuchen bestehende Wolke eingehüllt. An den Enden dieser vegetativen Schläuche gliedern sich die Oogonien und Antheridien ab, f. oben Fig. 85, 86. Ein Theil der Forscher nimmt an, daß gewisse Saprolegnieen durch Antheridienschläuche, welche mit den Oogonien copuliren, befruchtet werden, während andere Gattungen, beziehentlich Arten, durch Spermatozoiden, welche in großer Anzahl in besonderen Antheridien entstehen und entleert werden, geschlechtlich angeregt werden. PRINGSHEIM tritt in der neueren Zeit dieser Anschauung entgegen. Wir stellen hier die Resultate dieses Forschers zusammen:

I. der männliche Geschlechtsapparat der Saprolegnieen wird in der ganzen Familie in wesentlich gleichartiger Weise von den Antheridienschläuchen gebildet, welche sich an die Oogonien anlegen;

II. diejenigen Saprolegnieen, welchen diese Antheridien fehlen, sind nicht sowohl diöcische Arten, sondern **parthenogenetische Formen**, deren Befruchtungskugeln ohne sexuellen Eingriff reifen und keimen;

III. die geschlechtlich befruchteten und die parthenogenetischen sind ursprünglich vollkommen gleich. Die parthenogenetisch entstandenen Oosporen keimen aber früher wie die sexuellen.

IV. Mit Ausnahme der niederen Glieder der Familie, wo der Act der

¹⁾ Literatur, f. Bd. I. S. 638. — O. BREFELD, Ueber die Emtomophthoreen und ihre Verwandten. 345. 368. Bot. Ztg. 77. — N. PRINGSHEIM, Weitere Nachträge zur Morphologie und Systematik der Saprolegnieen. Pr. Jahrb. Bd. IX. S. 191.

Befruchtung eine Copulation ist, besteht derselbe in einem complicirten Vorgang: Die Gonosphäre oder Befruchtungskugel, d. h. die Gesammtplasmamasse des Oogonium zur Zeit der Geschlechtsreife zeigt eigenthümliche hellere Flecken an der Peripherie; an diesen bilden sich kurze weibliche Copulationswarzen, welche mit dem Antheridienschlauche verwachsen und die geschlechtliche Mischung zwischen den Antheridien und der Gonosphäre vermitteln ¹⁾.

Vegetative Eigenthümlichkeiten liegen bei den Saprolegnien in der Durchwachung der entleerten Zoo- und Oosporangien; so kommt es, daß von einem vegetativen Schlauch hintereinander mehrere Generationen dieser ausgebildet und entlassen werden; ferner in der Keimung der Oosporen, welche zuweilen im Oogonium vor sich geht. Die Oospore treibt einen Schlauch, welcher die Wand des Oogonium durchbricht. Das Schema der Entwicklung ist:

I. Zoospore. Vegetative Pflanze. Zoosporangium. Zoospore u. f. f.

II. Vegetative Pflanze: Parthenogenetische Oospore. Sexuelle Oosporen. Ruhe und Keimung der Oosporen. Directe Keimung ohne vorherige Ruhe: vegetative Pflanze und Zoosporangium. Anschluß an I.

Der Bildung der Oogonien gehen mehrere Zoosporengenerationen voraus.

Durch diese Feststellungen gewinnen die Saprolegnien einen besseren Anschluß an die Peronosporen.

c) Peronosporeae ²⁾.

Die Peronosporeae sind durchaus parasitäre Pilze; sie schließen sich durch die Generation (f. oben S. 149) an die Saprolegnieae an. Wir haben die Fortpflanzungsorgane bei der Einleitung in die Generation der Pilze beschrieben. Die Generation der Conidien eilt der Oosporengeneration voraus bei der einen Gattung *Cistopus*, wo beide Propagationsorgane vorkommen. Die Keimschläuche dringen zum Theil durch die Spaltöffnung, zum Theil durch die Membran der Epidermis in's Innere der Nährpflanze.

¹⁾ «Eine Reihe untergeordneter Eigenthümlichkeiten bei der Bildung und Entleerung der Zoosporen, die zu Gattungsmerkmalen erhoben worden sind, begründen weder genetische, noch spezifische Differenzen, sondern sind Andeutungen einer bei einigen Species auftretenden, bald mehr, bald weniger constanten Dimorphie, die sich in verschiedener Reife der Zoosporen ausdrückt. Ebenso können verschiedene Formen der Geschlechtsvertheilung bei derselben Species auftreten; sie sind daher gleichfalls nicht als Speciescharaktere verwendbar.»

²⁾ DE BARY, in *Morphologie und Physiologie der Pilze*. S. 176. — FÜCKEL, *Symbolae mycologicae*. S. 73.

d) *Mucorini*, DE BARY¹⁾.

Diese Pilze reihen sich in morphotischem Sinne an die vorhergehenden wegen des nicht gegliederten Mycelium, welches auf verwesenden Substanzen vegetirt. Die Generation ist für einige Formen bekannt und bietet ein morphologisches Interesse für:

a) *Syzygites* (*Rhizopus*) *megalosporus* u. a. m., deren vegetatives Mycelium auf (und in) den Hüten einiger *Agaricus*-arten wächst; von diesem Mycelium erheben sich ungegliederte Schläuche, welche am Ende ein kugliges Sporangium abschnüren. Diese Form wurde früher *Sporodinia* genannt. Außer dem Sporangium entstehen aus demselben Mycelium die oben (S. 85) beschriebenen Jochsporen. Die Keimung der Jochspore führt zu einem ungegliederten Schlauch, welcher mit einem Sporangium abschließt.

b) In gleichem Sinne waren früher mehrere Sporenformen als selbständige Pilzformen angesehen, welche jetzt durch die Entwicklungsgegeschichte in genetischen Verband gebracht worden sind: *Mucor*, *Mucedo*.

Die Entwicklung beginnt aus dem Mycelium mit der Bildung von kugligen Sporangien, welche zahlreiche derbwandige, unbewegliche Sporen entlassen; hierauf entwickeln sich aus demselben Mycelium vielfach dichotomisch verzweigte Fruchthyphen, welche an den Zweigendigungen kleinere Sporenbehälter bilden, Sporangiolen mit wenigen Sporen. Diese Sproßform wurde früher *Thamnidium elegans* genannt. Zuletzt treten aus demselben Mycelium noch Conidien in wirtelig gestellten Seitenzweigen der letzten Ordnung als kleine sphärische Zellchen auf, welche durch Abschnürung frei werden. Die Keimung aller dieser Sporenformen auf eiweißhaltiger Flüssigkeit führt zur Bildung reich verzweigter Mycelien.

c) *Pilobolus*, ebenfalls mit mehreren Sporenformen, schleudert das Sporangium von der Trägerzelle hinweg. Durch den hydrostatischen Druck in der Trägerzelle werden die Membranen in Spannung versetzt, bis der Zusammenhang zwischen ihnen gelöst wird. Durch die Contraction der nun plötzlich frei werdenden Wandstücke wird das Sporangium fortgeschleudert.

Einige *Mucorineen* sind Gährungserreger (*Mucor Mucedo*). Die wichtigeren Gattungen sind *Pilobolus* auf Dünger, *Hydrophora*, DE BARY, auf Koth, *Mucor*, DE BARY, auf Koth, *Hemescypha*, CORDA, auf faulenden Früchten. (*Sporodinia*, LINK; *Syzygites* auf *Agaricineen*.)

¹⁾ DE BARY, *Morphol. u. Phyf. d. Pilze*, a. a. O. S. 176. — BREFELD, *Bot. Unterf. I. Heft. A. Felix*. Leipzig 1872. *Zygomycetes*. — J. KLEIN, *Zur Kenntniß des Pilobolus*. Pr. Jahrb. Bd. VIII. Seite 305.

3. Mittlere Stufe der Mycelbildner.

Hypodermier: Ustilagineen, Uredineen.

Die Mycelien dieser Pilze sind gegliedert und verzweigt endophyt, auf lebende Pflanzentheile (Culturpflanzen) angewiesen. Die hierher gehörigen Parasiten befallen fast alle Phanerogamen und Nadelhölzer, sind zum Theil verderbliche Krankheitserreger. Zwei gut umschriebene Verwandtschaftskreise lassen sich aufstellen. Die Keimung der Sporen oder Sporidien vollzieht sich auf der Epidermis der Nährpflanze. Die aus der Spore hervortretenden gegliederten oder zunächst einfachen Keimschläuche dringen durch die Spaltöffnung der Epidermis oder reforbiren die Exine und Intine der Epidermis gerade so weit, daß der Keimschlauch eindringen kann. Außer der Lebensweise haben die beiden hier zu betrachtenden Familien keine Verwandtschaft in der Form; auch ist bei beiden ein höherer sexueller Act mit Ausnahme der Copulation der Sporidien bei *Tilletia* (f. oben S. 86) nicht bekannt.

a) Ustilaginei, TULASNE¹⁾.

Die Sporen sind schwarzbraun mit deutlichem Exosporium, welches leistenförmige Verdickungen zeigt. In der Gestalt von der Kugelform bis zum Ellipsoid schwankend, einzellig. Die Keimung vollzieht sich auf der Epidermis der Culturpflanzen. Das Endosporium treibt entweder einen Keimschlauch, welcher direct die Epidermis durchsetzt, *Ustilago*, oder es entsteht zunächst ein auf der Epidermis hinwachsendes Promycelium, an welchem sich durch Sproßung zahlreiche, in Winkeln geordnete, lineal spindelige Sporidien abgliedern, welche je zwei und zwei durch mittlere Schläuche zu H-förmigen Gebilden copuliren. Diese lösen sich von dem Promycelium und treiben die Keimschläuche, welche wie bei *Ustilago* durch die Epidermis eindringen. So verhält sich *Tilletia*.

Die Ustilagineen verursachen in den von ihnen befallenen Pflanzentheilen mächtige Deformirungen. Bei dem Maisblüthenstand schwellen alle Gewebe zu kopfgroßen Krebsen an; hierbei tritt zuletzt vollständige Zerstörung aller sonst lebensfähigen Gewebe und der Verlust der Früchte ein. Ebenso werden die Fruchtknoten der Gräser durch *Ustilago*, *CARBO*, *Tilletia*, *Caries secalis* zerstört. In der vertrockneten, verschwindend kleinen Masse liegt das schwarze Sporenpulver.

Die Entwicklungsgeschichte der am endophyten Mycel gebildeten Sporen ist bis jetzt nicht bekannt.

Ustilago, TULASNE, *Tilletia*, TUL., *Sorosporium*, RUDOLPHI, *Urocystis*, LÉVEILLE, *Tecaphora*, FINGERH., *Tubercinia*, BERKLEY.

¹⁾ Lit. f. Bd. I. d. Handbuchs, S. 639. — TULASNE, *Ann. d. sc. nat.* IV. 2. — J. KÜHN, *Tilletia Secalis*, eine Kornbrandform des Roggens. 490. Bot. Ztg. 76.

b) Uredinei (TUL.), DE BARY¹⁾.

Die durchaus endophyten Rostpilze sind durch ihre Pleomorphie²⁾ berühmt geworden. Die vollkommenste Entwicklungsgegeschichte bietet der Getreiderost, *Uredo graminis*. Für den ganzen Cyclus der Entwicklung sind hier zwei Nährpflanzen nöthig (f. Bd. I. Ueber Bedingungen der Pilz-infection, S. 643 ff.). Wir beginnen mit der zweizelligen Teleuto- (*Puccinia*-) spore, welche von dem Getreide des vorigen Jahres stammt, auf dem Blatte der Berberitze anfliegt, auf der Epidermis keimt. Die Spore entsendet zwei gegliederte Keimschläuche, von welchen einer durch einen Keimporus am Scheitel der oberen Zelle, der andere an der Seite der unteren Zelle ausbricht.

Diese Promycelien sind epiphyt, haften mit kleinen Saugwarzen (Haustorien) an der Epidermis; sie bilden an Seitenzweiglein der nächsten Ordnung die nächste Generation von einzelligen sphärischen Spöridien, welche wiederum auf der Epidermis anfliegen und mit ihrem Keimschlauch direct durch die Epidermis eindringen. Die Seitenzweige des Promycelium (die Sterigmen), welche durch Abschnürung ihrer angeschwollenen Enden den Spöridien Ursprung geben, vermögen auch direct in die Epidermis einzudringen. Diefem Entwicklungsgang bis hierher entspricht der analoge bei *Chrysomixa abietis*, einer Rostpilzform, welche direct von einer Zweiggeneration nach der nächstjährigen bei der Fichte übersiedelt (f. weiter unten). Das Mycelium im Innern des Berberitzenblattes bewirkt, daß das Blatt deformirt wird; es schwillt an den befallenen Orten zur drei- bis vierfachen Dicke des normalen Blattdurchmessers an; in den Anschwellungen entstehen die Sporenlager des *Aecidium berberidis*. In genetischem Zusammenhange von der keimenden Spöridie der Teleutospore hergeleitet, erhalten wir dieses Schema:

Spöridie—endophytes Mycelium:

Aecidiosporen	Aecidioli, Spömogonien
auf der Blattoberseite.	auf der Blattunterseite.

Die Entwicklung der beiden Sporenbehälter geht unter der geschlossenen Epidermis vor sich; von den dicht verflochtenen Mycelfäden gliedern sich die *Aecidium*sporen in der Richtung von außen nach innen reihenweise ab; dieselben sind cubisch oder polyedrisch. Die Sporenketten stehen in einem eingefenkten Becher, welcher von einer pseudoparenchymatischen, den Becher

¹⁾ Literatur, f. Bd. I. d. Handbuchs. S. 638, 639.

²⁾ Manche Autoren nennen die Entwicklungsgegeschichte der Uredineen einen Generationswechsel.

umfassenden Wucherung des Hyphengeflechtes eingehüllt ist (die Pseudoperidie)¹⁾. Zur Zeit der Sporenreife, acht bis vierzehn Tage nach der Infection des Blattes, öffnet sich der Becher durch Zerreißen der Epidermis, die Aecidiumsporen verstäuben.

Die Spermogonien enthalten außerordentlich kleine, in Reihen abgegliederte Zellchen. Die Reihen sind radial in dem sphärischen Spermogonium geordnet. Die Verstäubung geschieht durch eine kleinere Oeffnung an dem Scheitel des Spermogonium. Ob eine geschlechtliche Beziehung zwischen den Sporen der Spermogonien und der Aecidiospore besteht, ist bis jetzt nicht aufgeklärt. Die Aecidiumspore fliegt auf dem Getreide an, keimt mit einem Schlauch auf der Epidermis, welcher durch die Spaltöffnung des Blattes oder Halmes eindringt. Von der keimenden Spore des Aecidium auf Secale erhalten wir dieses Schema für den genetischen Zusammenhang:

Aecidiospore—endophytes Mycelium.

zuerst Uredosporen
einzellig auf einzelligen Sterigmen.

zuletzt oder gleichzeitig mit
ersteren Puccinia
(Teleutosporen, zweizellig).

Die Uredosporen entstehen an cylindrischen Endigungen des subepidermalen Mycelium als eiförmige Zellen von brauner Farbe mit deutlichem Endo- und Exosporium. Das Endosporium besitzt im Aequator der Spore mehrere Poren, durch welche die Keimschläuche bei der Ausfaat hervortreten. Uredo verstäubt und keimt eventuell (unter den geeigneten Witterungsbedingungen) wieder auf Getreide im selben Sommer. Der Keimschlauch dringt wie bei Aecidium durch die Spaltöffnung in die Nährpflanze.

Die Pucciniaspore ist zweizellig, entsteht ebenfalls an der Sterigme; sie schließt die Generation ab und geht hinüber auf Berberis, wo sie den Anschluß an die Generation des nächsten Jahres erzielt.

Im Anschluß an diese hervorragende Entwicklungsgeschichte, welche von DE BARY klargelegt wurde, sind die folgenden noch von morphotischem Interesse. Wir können sie in kurzer Fassung zusammenstellen:

I. Isolierte Teleutosporen mit directer Reproduction; ein einziger Wirth, die Fichte, *Picea excelsa*.

Chrysomixa abietis verursacht die Gelbfleckenkrankheit der Nadeln. Im Zeitpunkt der Entfaltung der diesjährigen Nadeln verstäuben die Spo-

¹⁾ Ganz auffällige Pseudoperidien von beträchtlicher Ausdehnung bildet *Peridermium pini* auf den Zweigen und Nadeln der Kiefer.

ridien von den im vorigen Jahre erkrankten Nadeln. Der Keimf Schlauch dringt durch die Epidermis der jungen Nadel, bildet ein Mycelium, welches intracellular wuchert. Die Zellen sind orange gefärbt mit einem an fein verteilte Oeltröpfchen gebundenen Pigment. Noch im Herbst entwickelt sich an der befallenen Nadel das Fruchtlager (Stroma) unter der Epidermis. Im Mai, Juni des nächsten Jahres besteht daselbe aus vielzellig gegliederten Ketten (Sterigmen), welche sich strecken, die Epidermis durchbrechen und aus Seitenzweigen die Sporidien abgliedern. Die keimenden Sporidien schnüren oft solche der zweiten Ordnung ab, ehe die Infection der jungen Blätter stattfindet. Schema der Entwicklung:

Sporidie des ersten Sommers keimt, Promycelium; Sporidie der zweiten Ordnung dringt in das Blatt, bildet das endophyte Mycelium.

Stroma—Sterigme

Sporidie im zweiten Sommer.

II. Arten mit abgeschlossenem Generationswechsel und zwei Wirthen.

a) Teleutosporen und Aecidium in Wechselwirkung. *Podisoma* (*Gymnosporangium*) *fuscum*, OERSTED, in der Rinde des *Juniperus Sabina* mit perennirendem, endophytem Mycelium, verursacht dort eine Krebswunde, welche sich in feuchtwarmen Sommertagen, Mai, Juni, öffnet und eine nackte 2—3 cm große Gallertmasse von oranger Farbe entläßt. In dieser liegen die häufig schon in Keimung begriffenen Teleutosporen. Sie sind zweizellig mit deutlichem Exosporium. Sie häuten sich, fenden zwei cylindrische, gegliederte Keimf schläuche (Promycelien) aus, von welchen mehrere Sporidien abgegliedert werden. Die Sporidien keimen auf den Blättern von *Pyrus* und *Crataegus*, bringen mit dem endophyten Mycelium 2—3 mm große Anschwellungen des Grundgewebes hervor, in deren Einfenkungen die Aecidiof sporenlager befindlich sind. Diese Pilzform führt den Namen der *Ræstelia cancellata*. Die sphärischen Sporen werden mit langen Schlauchzellen, welche an der Pseudoperidie entstehen, verweht und keimen wiederum auf *Juniperus Sabina*. Hierher gehören auch:

Gymnosporangium clavariaeforme auf *Juniperus communis*, das Aecidium auf *Pyrus*, *Malus*, *Mespilus* und *Sorbus*.

G. conicum. Die Teleutosporen ebenfalls auf *J. communis*; die Aecidien auf *Sorbus Aucuparia*, *S. torminalis* und *Aronia rotundifolia*.

b) Aecidium und Uredosporen in Wechselwirkung. *Peridermium*, Aecidium *pinii* auf der Kiefer im Blatt und der Nadel, das Mycelium in der Rinde der Zweige, wahrscheinlich perennirend, auffällige Pseudoperidie. Uredoform ist *Coleosporium senecionis*, auf *Senecio vernalis*, *vulgaris*, *viscosus* und *sylvaticus*.

III. Ifolirte Uredoform, unbekannte Teleutosporenwirth.

Hierhin gehören *Cæoma pinitorquum* A., BR.; *C. abietis pectinatae*, REES; *C. laricis*, R. HARTIG, und andere Formen, welche mehr oder weniger (je nach dem Standorte) verheerende Blattkrankheiten erzeugen.

Die Anzahl der beschriebenen und zum Theil eingehend studirten Uredineengenera beträgt fünfzehn: *Cæoma*, *Peridermium*, *Endophyllum*, *Coleosporium*, *Melampsora*, *Phragmidium*, *Xenodochus*, *Triphragmium*, *Puccinia* (mit 82, nach den Nährpflanzen, aus fast allen Phanerogamenverwandtschaftskreisen, benannten Arten im rheinischen Florengebiete), *Puccinella*, *Uromyces*, *Trachyspora*, *Podisoma*, *Gymnosporangium*, *Cronartium*.

4. Obere Stufe der Mycelbildner.

Die zwei höheren Verwandtschaftskreise der Pilze sind die Ascomycetes und die Basidiomycetes mit zahlreichen Familien und zwei- bis dreitausend Arten im mitteleuropäischen Florengebiete.

Die Aufgabe eines Handbuches der Morphologie und Entwicklung ist nicht, hier eingehend die Formen zu beschreiben. Wir beschränken uns auf die Betrachtung der genetisch genauer gekannten Formen.

I. Ascomycetes¹⁾.

Die Pilze dieses vielgestaltigen Verwandtschaftskreises sind nach einer bestimmten Art der Sporenbildung benannt und zusammengeestellt. Der

¹⁾ H. v. MOHL, Ueber die Traubenkrankheit. 137. Erklärung. 369. Ueber die Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter und die Septoria mori. Bot. Ztg. 54. — L. R. TULASNE, *De organis apud Discomycetes propagationi inservientibus*. 49. *Quedam de Erisypis animadversiones*. 257. Bot. Ztg. 53. — AUG. STOLLMANN, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sphären. 193. 201. 9. Bot. Ztg. 63. — H. BAUKE, Zur Entwicklungsgech. der Ascomyceten. 313. Bot. Ztg. 77. — AUG. STOLLMANN, Ueber die Entwick. der Sporen von *Sphæria capitellata*. 377. Bot. Ztg. 62. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sphäriaceen. Bot. Ztg. 64. — W. FUISTING, Zur Entwicklungsgech. der Pyrenomyceten. 369. 85. 401. 17. Beiträge zur Entwicklungsgech. der Lichenen. 641. 57. 73. Bot. Ztg. 68. — F. Graf zu SOLMS-LAUBACH, Ueber einige behaarte Pezizen. 333. Bot. Ztg. 62. — H. v. MOHL, Ueber die Traubenkrankheit. 585. Bot. Ztg. 53. — N. SOROKIN, Zur Kenntn. der *Morchella bispora*. 593. Bot. Ztg. 76. — W. FUISTING, Zur Entwicklungsgech. der Pyrenomyceten. 177. 85. 93. 305. Bot. Ztg. 67. — W. HOFMEISTER, Ueber die Entwickel. der Sporen des *Tuber æsticum* VITTAD. S. 378. Pr. Jahrb. Bd. II. 1860. — TULASNE, *Selecta fungorum carpologia*. 1865. *Parisiis Imper. jussu in imp. typograph. exaudebatur*. — N. PRINGSHEIM, Ueber das Austreten der Sporen von *Sphæria Scirpi* aus ihren Schläuchen. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — M. RASMUS PEDERSEN, *Recherches sur quelques facteurs qui ont de l'influence sur la propagation de la levure basse du Saccharomyces cerevisiae*. Sep.-Abdr. — DR. OSKAR BREFELD, Unterf. über die Alkoholgährung. JUL. SACHS, Arb. d. bot. Instit. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. — DR. M. REES, Zur Naturgech. der Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae*, MEYER. Vorl. Mittheil. 105. Erklärung (in Sachen HALLIER's). 512. Bot. Ztg. 69. — M. TRAUBE, Ueber das Verhalten der Alkoholhefe in sauerstoffgasfreien

Ascus ist ein cylindrischer oder sphärischer Schlauch, in welchem die Sporen durch freie Zellbildung angelegt werden. Nach ihrer ersten Differenzirung ist das Protoplasma des Ascus nicht vollständig aufgebraucht, es wird im weiteren Verlaufe der Reifung aber von den Sporen resorbirt.

Die Fruchtkörper der höheren Ascomyceten sind mit den Apothecien der Flechten entwicklungsgeichtlich und gestaltlich, bis auf das Fehlen der Gonidien, identisch. Sie sind daher die Pilze, welche im Flechtenthallus sich mit den niederen Algenformen zu gemeinschaftlicher Aufgabe vereinigt haben (f. oben S. 69 ff.).

Auch die Gliederung des vegetativen Körpers der Ascomyceten ist identisch mit dem aus Hyphen gebildeten Theil des Flechtenthallus.

Der vegetative Körper ist ein Complex von zahlreichen, nach einheitlichem Bildungsgefetze wachsenden Hyphen. Die Ascomycetes zerfallen in fünf Gruppen von Familien: Pyrenomycetes, Tuberacei, Elaphomycei, Discomycetes.

a) Pyrenomycetes, FRIES¹⁾.

Das Mycelium in dieser formenreichen Familie ist endophyt oder epiphyt. Die endophyten Hyphen sind intracellular oder intercellular. Die

Medien. 42. Bot. Ztg. 1876. — Dr. A. DE BARY, Ueber die Entwickel. u. den Zusammenhang von *Aspergillus glaucus* und *Eurotium*. Bot. Ztg. 54. — O. BREFELD, Die Entwicklungsgeichte von *Penicillium*. Bot. Ztg. 72. — E. LÆW, Zur Entwicklungsgeich. von *Penicillium*. S. 472. PR. Jahrb. Bd. VII. 1869/70. — Dr. BONORDEN, Beobacht. über die Bildung der *Spermoedia Clavus* (*Secale cornutum*). 97. Beobacht. über den Bau der Agaricineen. 201. 9. Bot. Ztg. 58.

¹⁾ Die Syttematiker theilen diesen Verwandtschaftskreis in vier Untergruppen, welche hier nach FÜCKEL (*Symbolae*) angeführt sein mögen:

I. Perisporiacei.

Das Mycelium dieser Pilze ist epiphyt auf Blättern und Zweigen mit kurzen Haustorien, der Epidermis anhaftend. Die sphärischen Perithechien mit pseudoparenchymatischer Hülle allseitig geschlossen; im Innern derselben mehrere Asci, jeder mit 2—8 Sporen. Die Propagation geschieht außerdem durch Conidien (Stylosporen, TULASNE) und Picnidien.

Lasiobotrys, KUNZE u. SCHMIDT; *Podosphæra*, Sphærotheca, *Phyllactinia*, *Uncinula*, *Calocladia*, LÉVEILLE; *Erysiphe* (LÉV.), TULASNE; *Apiosporium*; *Dimerosporium*; *Chaetomium* (KUNZE u. SCHMIDT); *Zasundium*, FRIES; *Eurotium* (LINK), DE BARY; *Preussia*, FÜCKEL, und einige andere.

II. Acrospermacei.

Die hierher gehörigen Pilze leben in oder auf verwesenden Substanzen; sie besitzen dreierlei Propagationsorgane: Conidien, Spermatien und geschlossene Perithechien, welche sich mit einer Längspalte öffnen.

AcrospERMum, TODE; *Ostropa*, FRIES; *Barya*, FÜCKEL; *Lophium*, FRIES; *Mytilinidion*, DE BARY.

III. Ascosporei.

Meist sehr klein, mit Ausnahme einer Gattung (*Ascophora*) epiphyt; vegetiren auf

Lebensweise des vegetativen Körpers ist ebenso mannigfaltig wie die Generation. Die Pyrenomyceten bewohnen Thier- und Pflanzenleichen und deren Fäulnißproducte, sowie auch lebende Pflanzen und Thiere, und sind für diese in hervorragendem Grade Krankheitserreger. Bei allen Arten der hier zusammengestellten Formen ist der Zug, die Propagation durch bewegliche Sporen (Zoosporen) zu besorgen, verloren gegangen, ebenso wie die Bildung solcher Oogonien, welche durch Spermatozoiden befruchtet werden. Sexuelle Vorgänge durch Copulation sind nur bei wenigen Arten bis jetzt bekannt. Bei allen herrscht die Schlauchkeimung. Durch die eingehenden Untersuchungen DE BARY's, TULASNE's, BAIL's sind die Keimungsgeschichten einer großen Anzahl der hierher gehörigen Pilze aufgedeckt.

Der gemeinsame Zug liegt in der Bildung der Perithezien. Das Mycelium modellirt sich bei den höheren Formen durch Hyphen sprossung zu einem geschlossenen Lager (Stroma), in welchem direct oder durch wiederholte Sprossung die Perithezien entstehen. Die Stromata verhärten bei gewissen Arten, Xylaria, Hypoxylon, zu spröden, schwarzgefärbten Massen (Carbonaceae), bei anderen differenziren sie sich in eine Medullar- und Corticalhyphen schicht. Die ruhenden Stromata von Claviceps (Sclerotium) sind von hornartiger Textur mit einer dünnen, braunen Rindenschicht. Die Asci stehen im Stroma in sphärischen Perithezien. Die Gestalt der Ascosporen schwankt innerhalb der weitesten Grenzen. Einzellig von Kugelform (Erisyphe) bis zur Gestalt eines außerordentlich dünnen Cylinders (Hysterium, Claviceps, Cordyceps). Sie sind einzellig oder mehrzellig. Die letzteren keimen mit mehreren, selten mit nur zwei Schläuchen. Die Ascosporen werden durch Quellung der Asci und der sie umgebenden Paraphysen an dem Scheitel des Ascus entlassen, oder der Ascus bricht in einer Ringstelle mitten durch (Hysterium macrosporum z. B.).

abgestorbenen und lebenden Pflanzentheilen. Die Propagation geschieht durch Conidien, Spermarien und Schlauchfrüchte.

Ascospora, FRIES; Stigmatea; Hyospila; Mikrothyrium.

IV. Sphaeriacei.

Diese Gruppe besitzt schüsselförmige oder spindelförmige Perithezien mit deutlicher Mündung, durch welche die Sporen entlassen werden. Bekannt sind die Ascosporen, Conidien und Picnidien, und für einige ruhende Vermehrungskörper (Stroma) Sclerotien, welche die Generation abschließen.

Hervorragend sind ferner: Claviceps; Cordyceps; Sphaeria. Im Ganzen etwa dreißig Gattungen mit zahlreichen Arten auf lebenden und toten Pflanzentheilen.

Vegetabicol: Sphaeria; Melanospora; Pleospora; Torrubia; Cordyceps; Claviceps; Nectria; Hypoxylon; Xylaria.

Fimicol: Coprolepa, Hypocopa, FÜCKEL; Delitschia; Sporomia, DE NOT.; Pleophragmia.

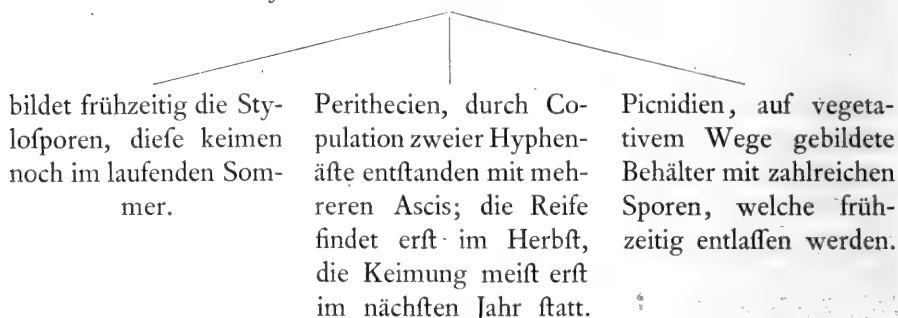
Von einem und demselben Mycelium entwickeln sich gleichzeitig oder mit verschiedener Dauer der Reife dreierlei Sporengenerationen: die Stylosporen, die Spermogonien und die Ascosporen in den Peritheciis.

Generationswechsel.

Wir betrachten den genetischen Zusammenhang, soweit er bekannt ist, bei fünf Gattungen. Die niedere Form der sexuellen Entstehung ist für den Beginn der Entwicklung, der geschlechtliche Act bei der Erzeugung der Peritheciën dargelegt; von demselben Mycelium entstehen zahlreiche, senkrecht zur Blattfläche orientirte Hyphenäste.

Jeder dieser schnürt eine sphärische Spore ab, welche bald keimt und somit den Parasiten auf neue Pflanzentheile überträgt, *Oidium Tuckeri*. Dieser Erreger der Traubenkrankheit ist die Stylosporenform einer Erisyphe, von welcher das geschlechtlich entstehende Perithecium nicht bekannt ist. Wir erhalten für die Erisyphen mit vollständiger Ausbildung dieses Schema der Keimung und Verbreitung:

Mycelium des laufenden Sommers:



Die Erisyphen bilden an dem berindeten Perithecium außerordentlich zierlich spiralig eingerollte, dichotomisch verzweigte Hyphenauswüchse.

Die nächsthöhere Stufe findet sich bei *Eurotium*, einer Schimmelpilzform (f. S. 166 bei der systematischen Zusammenstellung). Für die Entwicklung, von einer Hyphe ausgehend, erhält man dieses Schema:

I. von dem Hyphenast entspringt ein gegliederter Schlauch, welcher in der keulenförmigen Endzelle zahlreiche Sterigmen bildet, an welchen die Conidien entstehen. Diese verstäuben frühzeitig und stellen die erste vegetative Generation dar;

II. von demselben Hyphenast entstehen gleichzeitig oder wenig später Seitenäste, deren Zweiglein letzter Ordnung sich zu einer engen Spirallinie einwickeln und das jungfräuliche Ascogon darstellen. Daselbe wird von einem Hyphenzweig deselben Hyphenastes, dem Pollinodium, umschlungen. Nach dieser sexuellen Vereinigung wachsen zahlreiche sich gliedernde Zweiglein um das Ascogon; das ganze Gebilde nimmt an Größe zu, die

einzelnen Zellenketten theilen sich. Das Ganze gestaltet sich zu einem sphärischen Fruchtkörper (Cythocarp), in welchem man eine allseitig geschlossene pseudoparenchymatische Wand, ein wenigzelliges Füllgewebe unterscheidet, in welchem das Ascogon als elliptischer Schraubenzellkörper eingeschlossen liegt. Diese Frucht, von der Größe eines halben Millimeters, zeigt eine schwarzviolette Farbe. Sie überwintert oder ruht doch längere Zeit und keimt mit zahlreichen Seitenschläuchen, welche aus den Gliederzellen der Spirale entspringen. Die Schläuche bilden sphärische Asci mit vier bis acht Sporen¹⁾:

I. vegetativer Mycelast:

Conidienträger, Sterigmen, Conidien, Ausfaat dieser in der laufenden Vegetationsperiode, directe Propagation.

Mycelast nächster Ordnung, Zweig zum Ascogon, anderer Zweig zum Pollinodium.

Befruchtung, Reifung des Fruchtkörpers. Ruhe, Keimung mit Keimschläuchen aus dem Schraubenkörper des Ascogon. — Zweiglein nächster Ordnung werden zu Ascis. — Bildung und Ausfaat der Ascosporen.

Mit der Keimung der Ascosporen schließt die Entwicklung an I an. (Diese Entwicklungsgegeschichte ist mit der Befruchtung der Florideen, insbesondere der *Dudresneya*, [f. oben S. 120] zu vergleichen.)

Allgemeines morphologisches Interesse beansprucht die Entwicklung zweier Sphäriaceen, des *Claviceps purpurea* und *Cordyceps militaris* (vergl. Bd. I d. Handbuches S. 646 und die systematische Uebersicht der *Pyrenomyces* S. 166). Hier stehen bei *Cordyceps* zwei, bei *Claviceps* drei Pilzgebilde in genetischem Zusammenhang, welche von den älteren Mycologen als ebensoviele gesonderte Arten angesehen wurden.

Der Verlauf für *Claviceps* möge mit Berücksichtigung der Keimung hier schematisch dargelegt sein:

I. die Infection des Fruchtknotens von *Secale* oder *Triticum* geschieht durch die Ascospore von *Claviceps* zur Zeit der Blüthe der Cerealien. Von dem endophyten Mycelium gliedern sich ab:

a) zahlreiche in Nestern parallel geordnete Sterigmen: Conidien. Die Conidien werden verweht, keimen mit Schläuchen, bilden Conidien der

¹⁾ Es gibt zahlreiche Conidienpilze, für welche bis jetzt der genetische Anschluß an die Ascomycetenform nicht gefunden ist.

zweiten Generation; diese stellen, wie oben, die vegetative Propagation dar für den laufenden Sommer. Sie wurden früher *Sphacelia* genannt;

b) in dem endophyten Mycelium des zerstörten Fruchtknotens sproßt ein geschichteter Pilzkörper, aus dichtem Hyphengeflecht zusammengesetzt, zerreißt den Fruchtknoten, hebt den apicalen Theil als Calyptra empor und entwickelt sich zu dem cylindrischen, bis mehrere Centimeter langen *Sclerotium Clavus*, DE C. Dieser ruhende Pilzkörper reift zur Zeit der Getreideernte;

c) das *Sclerotium* besteht durchaus nur aus dem gleich dicht verwebten pseudoparenchymatischen Hyphengeflecht mit einer dünnen Corticalschicht. Es ruht mehrere Monate, bringt zuletzt die Ascosporengeneration hervor; die Stroma dieser entwickelt sich unter der Rindenschicht des *Sclerotium*, modellirt sich, nachdem dieselbe durchbrochen ist, zu einem bis 2 cm langen Stiel, welcher einen tellerförmigen Fruchtkörper trägt. In diesem differenziren sich zahlreiche Peritheccien. Die Asei sind keulenförmige Schläuche mit acht cylindrischen Sporen. Mit der Ausfaat der Ascosporen schließt die Entwicklung an I (oben) für das nächste Jahr an. Die Peritheccien bildende Form ist *Claviceps purpurea*, KÜHN; *Cl. mikrocephala*, TUL.

Cordyceps militaris. Auf den Raupen von *Sphinx euphorbiae*, *Bombyx pini* und auf der Seidenraupe kommen die Conidienformen vor, welche die Insecten zum Erkranken bringen und tödten.

Conidienform:

Raupe:

<i>Isaria farinosa</i>	<i>Bombyx pini</i> ,
	{ <i>Sphinx euphorbiae</i> ,
<i>Botrytis Bassiana</i>	{ <i>Gastropacha quercus</i> .

Die Peritheccie entsproßt nach dem Tode der Raupenleiche aus den Leibesringeln mit keulenförmiger Stroma und führt den Namen des *Cordyceps militaris*. Die Entwicklung ist genetisch derjenigen von *Claviceps* analog; es fehlt aber der ruhende Zustand (*Sclerotium Clavus*).

DE BARY impfte die Conidien von *Botrytis Bassiana* auf gesunde Raupen und fand nach wenigen Tagen das Blut des Thieres mit den Keimschläuchen des Pilzes inficirt. Diese wuchsen in künstlicher Cultur zu vegetativen Fäden aus, an welchen Sterigmen sproßten mit wirtelig gestellten Conidien. Damit ist zunächst der Nachweis geliefert, daß der Pilz der Krankheitserreger der Raupen ist¹⁾.

b) Tuberacei.

Das Mycelium ist unterirdisch, die geschlechtlichen Vorgänge bis jetzt nicht mit Bestimmtheit bekannt. Die Entwicklung schließt ab mit der Bil-

¹⁾ Vergl. auch BAIL, Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig. 1869. — TULASNE, *Select. fungor. carp.*, beschreibt eine größere Anzahl Insecten bewohnender *Pyrenomyces*.

dung des knollenförmigen Fruchtkörpers. Derselbe ist in eine äußere, mehr oder weniger (*Elaphomyces*, *Tuber*) verhärtete Schale, die *Peridie*, welche häufig warzige Verdickungen zeigt, und die fleischigen Hymenialschichten im Innern differenzirt. Diese sind mäandrisch gewunden. Jede Hymenialfalte besteht aus einer locker verflochtenen luftführenden Medullarschicht und der Sporangien erzeugenden Schicht, welche zahlreiche kuglige Asci bildet. Die Sporen entstehen in diesem, nicht zu gleicher Zeit in der endlichen Anzahl von zwei bis fünf, zuerst als kleine sphärische Zellen mit einfachem Contour im Protoplasma des Innenraumes. In dem Maß, wie die Sporen heranwachsen, ihre Membran ausbilden, diese in eine Intine und das mit leistenartigen Erhebungen versehene Exosporium umbilden, wird das Protoplasma, namentlich die Wandschicht, das «Epiplasma», verzehrt, welches als eine breite Zone der Zellwand des Ascus angrenzte und ein von dem Protoplasma verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besitzt. *Tuber* (MICH.) *æstivum*, *excavatum*, *mesentericum* u. a. m. in Laubwäldern mehr oder weniger in den Boden eingesenkt.

c) *Discomycetes*¹⁾.

Das Mycelium bewohnt die Erde oder lebende und abgestorbene Pflanzentheile. Der geschlechtliche Vorgang ist bis jetzt nur bei wenigen beobachtet, z. B. *Peziza confluens* (f. oben S. 148, Fig. 83). Der Familiencharakter liegt in der Bildung der Fruchtkörper begründet, welche die Ascosporen hervorbringen. Das endophyte oder auf der Erde lebende Mycelium formt sich zu einem dichteren Hyphengeflecht (*Subhymenium*); die Endzellen dieses orientiren sich untereinander parallel und senkrecht zum

¹⁾ Die Unterfamilien der *Discomycetes* sind nach FÜCKEL:

a) <i>Stictici</i> , FRIES.	<i>Hysterium</i> , TODE,	<i>Leotia</i> , HILL,
<i>Nævia</i> , FRIES,	<i>Glonium</i> , MÜHLENBERG,	<i>Coryne</i> , TULASNE,
<i>Habrostictis</i> ,	<i>Aylographum</i> ,	<i>Bulgaria</i> , FRIES,
<i>Stictis</i> , PERSEON,	<i>Aporia</i> , DUBY,	<i>Ascobolus</i> , PERSEON.
<i>Laquearia</i> , FRIES,	<i>Rhytisma</i> , FRIES,	e) <i>Pezizei</i> .
<i>Schizoxylum</i> , PERS.,	<i>Duplicaria</i> .	
<i>Xylographa</i> .	c) <i>Patellariacei</i> , FRIES.	<i>Peziza</i> ,
b) <i>Phacidiacei</i> .	<i>Heterosphaeria</i> , FÜCKEL,	<i>Pseudo</i> -, <i>Mikro</i> -, <i>Pyreno</i> -,
<i>Exoascus</i> , FÜCKEL,	<i>Lecanidion</i> , RABENHORST,	<i>Tricho</i> -, <i>Hyalopeziza</i> u. a. m.,
<i>Cryptomyces</i> , GRÉVILLE,	<i>Sphinctrina</i> , PERS.,	<i>Genea</i> .
<i>Propolis</i> , FRIES,	<i>Cenangium</i> , FRIES,	f) <i>Helvellacei</i> , FRIES.
<i>Lophodermium</i> , DUBY,	<i>Patellaria</i> u. a. m.	<i>Mitrlula</i> , FRIES,
<i>Sporomega</i> , CORDA,	d) <i>Bulgariacei</i> , FRIES.	<i>Geoglossum</i> , PERS.,
<i>Colpoma</i> , WALLR.,	<i>Caloria</i> , FRIES,	<i>Helvella</i> , LINNÉ,
<i>Hypoderma</i> , DE C.,	<i>Agyrium</i> , FR.	<i>Morchella</i> , DILLEN.

Lager (Peziza, Patellaria) zu Ascis, in welchen meist acht Sporen reihenweise oder zu acht gebündelt oder in zwei Fascikel zu je vier Sporen (Hyterium) entstehen. Zwischen den Ascis und mit diesen parallelläufig bilden sich einzellige Paraphysen aus. Bei den Discomycetes, welche sich bei der Bildung ihrer Apothecien nicht an eine Nährpflanze anpassen müssen, sproßt das Apothecium aus zahlreichen Hyphen, welche sich zu einer sphärischen Knospe verflechten; in dieser differenzirt sich das Gewebe zu einer lockeren Medullarschicht, an welche die subhymeniale sich anschließt. Die Knospe, ursprünglich geschlossen, modellirt sich zu einem offenen, flachen oder concaven Teller, in dessen Fläche die Asci entstehen. Das Apothecium der Discomyceten ist in der Form und Entwicklung identisch mit dem Apothecium der Flechten.

Da die Asci, abweichend von den Pyrenomycetes, mit ihren oberen Enden an der Atmosphäre liegen, so ist die Ejaculation der Sporen unter dem Quellungsdruck, welcher zur Zeit der Sporenreife in dem Apothecium herrscht, sehr erleichtert. Diefelbe erfolgt in allen Ascis gleichzeitig oder in verschiedenen Zeitpunkten. Die Schlauchkeimung ist bei einer großen Anzahl von Discomyceten bekannt. Bei einigen Gattungen kommen noch Stylosporen (bei Habrostictis) und Spermogonien vor (Colpoma, Hypoderma, Hysterium, Phacidium, Rhytisma, die Braunfleckenkrankheit der Ahorne). Die Keimung der Spermogonien ist bei einigen Gattungen untersucht. Die Sporenzellen keimen zum Schlauch und schnüren unter Umständen wieder Spermatien der zweiten Ordnung ab.

II. Basidiomycetes, DE BARY¹⁾.

Die höchste Formentfaltung kommt diesem Verwandtschaftskreise zu. Diefelbe kommt nicht sowohl in dem vegetativen Körper, dem Mycelium, als in der Bildung der Fruchtkörper zum Ausdruck, insofern hier eine lange

¹⁾ DE BARY, Morphologie u. Physiologie der Pilze. HOFMEISTER, Handbuch der phys. Bot. Bd. III. Die Schrift des Hadrianus Junius über den Phallus und der Phallus Hadriani. 114. Bot. Ztg. 1864. — H. HOFFMANN, Die Pollinarien und Spermatien von Agaricus. 137. 53. Bot. Ztg. 56. — R. HARTIG, Vorläuf. Mittheil. über den Parasitismus von Agaricus melleus und dessen Rhizomorphen. 295. Vorläuf. Mittheil. über Parasiten der Waldbäume. 353. Bot. Ztg. 73. — Dr. ED. EIDAM, Die Keimung der Sporen und die Entstehung der Fruchtkörper bei den Nidularien. COHN, Beitr. Bd. II. Heft 2. S. 221. — JUL. ROSSMANN, Beitr. zur Entwicklungsgech. des Phallus impudicus. 185. Bot. Ztg. 53. — F. L. SAUTERMEISTER, Zu Exidia recisa. Fr. 819. Bot. Ztg. 1876. — B. HESSE, Mikroskopische Unterscheidungsmerkmale der typischen Lycoperdaceengenera. PR. Jahrb. Bd. X. S. 383. — Dr. BAIL, Entscheidung der Frage: «Was ist Rhizomorpha?» S. 799. Bot. Ztg. 55. — H. HOFFMANN, Ueber Geaster coliformis. P. 369. 385. Bot. Ztg. 73. — EDUARD EIDAM, Zur Kenntn. der Befruchtung bei d. Agaricus-Arten. 649. 665. Bot. Ztg. 75. — L. FÜCKEL, Die Fructification von Rhizomorpha. PERS. 107. Bot. Ztg. 70. — M. REES, Ueber den

Reihe von Hyphengliedern sich zu einem regelmäßig und complicirt gebauten Pilzhut oder einem becherförmigen Körper modeln (Nidularieen), in welchem die Hymenien entstehen. Sexuelle Vorgänge sind bei den Basidiomyceten bis jetzt nicht bekannt. Die Basidiomyceten besitzen keinen Anschluß in der Form und Generation an höhere Pflanzen, sie haben auch mit allen übrigen Pilzen nur das reich gegliederte vegetative Elementarorgan, die Hyphe, gemein. Den Familiennamen verdanken sie einer eigenen Zelle, welche am Fruchtkörper dem subhymenialen Hyphengeflecht entsproßt, von cylindrischer oder keulenförmiger Gestalt, gegliedert oder einzellig, die «Basidie». Der gemeinschaftliche Zug der Sporenbildung ist dieser: an der Basidie sprossen gleichzeitig oder nach und nach 2—4 Sterigmen als kurze Schläuche; jede Sterigme bringt eine einzige einzellige, kuglige oder ellipthische Spore durch Sproßung hervor, welche sich von dem Sterigmenschlauch durch eine Scheidewand trennt, mit deutlichem Endo- und Exosporium versehen ist, wenigstens bei den Arten, welche durch freie Verstäubung nach der Atmosphäre sich vermehren.

Bei allen Basidiomyceten ist bisher nur die Schlauchkeimung der Sporen bekannt. Bewegliche Plasmaschwärmer sind niemals beobachtet worden. Die aus den Sporen entspringenden Keimschläuche gliedern und verzweigen sich aus den Gliedern.

Die Mycelien sind fadenförmig in Platten oder vielverzweigten Strängen, je nach der Lebensweise in der Erde in verwesenden Pflanzentheilen, Baumstrünken, Wurzeln oder in lebenden Stämmen, bei einer und derselben Art vielgestaltig. Die Hyphen bilden bei einigen Formen kurze Schnallenausfackungen, welche über die Querscheidewand von einer zur benachbarten Gliederzelle verwachsen; ähnlich den Copulationsschläuchen von *Pleurocarpus* und *Rhynchonema* (s. Zygnemaceen, oben S. 89).

Die Fruchtkörper der Basidiomycetes schwanken von dem Durchmesser von wenigen Millimetern (bei einigen Nidularieen) bis zu $\frac{1}{3}$ m bei üppig wachsenden Agaricineen.

Die Basidiomycetes sind auf organische Abfallsproducte, wie sie im Waldboden oder Culturland gehäuft sind, angewiesen, oder sie leben mit perennirenden Mycelien in abgestorbenen Baumtheilen. Einige *Agaricus*, *Trametes*, *Polyporus* besiedeln lebende Bäume und sind gefährliche Gäste für das Holz. Der schlimmste Holzbewohner ist *Merulius lacrymans*.

Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten. PR. Jahrb. Bd. X. S. 199. Bot. Ztg. 73. — BREFELD, Bot. Untersuch. über Schimmelpilze. III. Heft. Basidiomycetes. A. Felix. Leipzig 1877. Die Entwicklungs gesch. der Basidiomyceten. 49. Bot. Ztg. 76. — PH. VAN TIEGHEM, Neue Beob. über d. Fruchtentwickl. und die vermeintl. Sexualität der Basidiomyceten und Ascomyceten. 161. Bot. Ztg. 76.

Die systematische Gliederung der Basidiomycetes gründet sich auf den Bau des Fruchtkörpers.

a) Hymenomycetes, FRIES.

Das Hymenium oder sporenerzeugende Gewebe befindet sich auf der Oberfläche eines Fruchtkörpers, welcher die Gestalt eines Rotationskörpers besitzt, z. B. die Hutschwämme unseres Waldes. Die Verstäubung der reifen Sporen ist dadurch eine ganz directe.

Zweierlei vegetative Formen sind bekannt:

a) die Fadenmycelien bestehen aus locker verwebten Hyphen, welche im Waldboden dendritisch, oder in flachen, spinnwebartigen Platten wuchern. Sie passen sich dem Substrat an und besitzen dementsprechend verschiedene Gestalt. In dem harten Kernholz der Eiche resorbieren die Polyporusmycelien die Holzparthien zwischen den Jahrringgrenzen und den widerstandsfähigeren Markstrahlen; es entstehen 2—3 mm große Resorptionsstellen, welche von dem Fadenmycelium ausgekleidet sind;

b) die Rhizomorphen sind fest geschichtete, aus eng und parallel verflochtenen Hyphen gebildete, cylindrische oder flach bänderartige, mit einer braunen Rindenhyphenfschicht versehene Stränge. Die erdbewohnenden Rhizomorphen sind mehrere Meter lange Stränge mit haardünnen Seitenzweiglein letzter Ordnung. Die Rhizomorphen, welche zwischen Holz und Rinde wuchern, sind abgeplattet, sonst von ähnlicher Structur, dichotomisch oder dendritisch verzweigt. Die Hyphen besitzen ein ausgeprägtes Spitzenwachsthum.

Ein Rhizomorphenfaden durchsetzt das Eichenholz auf viele Centimeter weit, indem er die Holzmasse rücksichtslos auf seiner Bahn resorbirt; von diesem Strange gehen zahllose, einfache Hyphenäste aus, welche die einzelnen Holzzellen durchbohren. In gleichem Sinne umwickelt die Rhizomorphe etwa 4 mm dicke Wurzeln der Kiefer; von dem Hauptstrange wächst ein Seitenzweig unter dem Hypoderma in die Rinde, zerstört diese vollständig und sendet mehrere Äeste durch die Markstrahlen in den Holzkörper; überall da, wo die Rhizomorphenäste hinwachsen, wird das Holz vollständig reforbirt. Der genetische Zusammenhang einer Rhizomorphe mit dem Fruchtkörper von *Agaricus melleus* ist einmal von R. HARTIG beobachtet worden. Die genaue Entwicklungsgeschichte ist in einer größeren Monographie publicirt (Wichtige Krankheiten der Waldbäume, Berlin 1874, J. SPRINGER).

Die Hymenomycetes zerfallen in fünf Familien, von welchen drei: Agaricineen, Polyporei, Hydnei, unter sich durch die Gestalt des Fruchtkörpers näher verwandt sind gegenüber den zwei letzten Familien: Auricularini, Clavarici.

Agaricini, Polyporei, Hydnei, Fr.¹⁾.

Die Fruchtkörper entstehen aus dem Fadenmycelium oder der Rhizomorpha (bei *A. melleus*) in Colonien von kleinen Knöpfchen, welche aus dicht verflochtenen Hyphen angelegt werden. Es modellirt sich durch Spitzenwachsthum und wiederholte Verzweigung zunächst der Stiel des Hutes, in welchem schon frühzeitig die Differenzirung in eine Cortical- und Medullarschicht eintritt. Die apicalen Hyphenäste formen nun den Hutkörper, indem sie sich nach der späteren Scheibenfläche zu scheiteln und an dem Rande stetig weiter wachsen. Der Hut enthält ebenfalls locker verflochtene Medullar-, eine dichter verflochtene Corticalschicht. Die Unterseite wird zum Hymenium, mit Ausnahme einiger *Trametes* und des *Merulius*, wo das Hymenium auf der Oberseite liegt. Die Differenzirung in die Lamellen der Unterseite geschieht frühzeitig im Innern des bis jetzt noch geschlossenen Rotationskörpers. Der Rand des Hutes ist noch in Verbindung mit dem Hyphengeflecht des Strunkes. An einem Durchschnit durch die Lamelle erkennt man eine innere Keilfläche aus Markgewebe, welches mit der Medullarhyphenschicht des Hutes in Verbindung steht; aus den Hyphen dieser Schicht verweben sich die Auszweigungen zu einer dichteren Zone, dem Subhymenium, welches die Lamellen gleichmäßig überzieht. Die Basidien und Paraphysen entstehen als letzte Endigungen des Subhymenium und stellen das Hymenium dar. Bis zu dieser Ausbildung ist der Hut geschlossen; nun erfolgt die Streckung aller Theile. Das Wachsthum ist in der radialen Richtung des Hutes stärker, der Rand reißt von dem Strunke los. Es bleibt ein vorspringender, bei verschiedenen Gattungen verschieden stark entwickelter Ring an dem Stiele, die Volva. Das Hymenium liegt nun frei an der Atmosphäre. In dem Hutgewebe kommen bei einigen Agaricineen (*Lactarius*, *Cantharellus*) Milchsafröhren vor. Es sind weithumige, vielverzweigte und anastomisirende Hyphen, welche das Gewebe in unregelmäßig dendritischen Bahnen durchziehen. Auffällige Abweichungen von der Gestalt eines genauen Rotationskörpers für den Hut kommen vor

¹⁾ Die Gattungen in der Zusammenstellung für die rheinische Flora sind nach FÜCKEL:

Agaricini.	Polyporei.	Hydnei.
<i>Gomphydium</i> , FR.	<i>Boletus</i> , FR.	<i>Fistulina</i> , FR.
<i>Cantharellus</i> , FR.	<i>Polyporus</i> , FR.	<i>Odontia</i> , FR.
<i>Nyctalis</i> , FR.	<i>Trametes</i> , FR.	<i>Radulum</i> , FR.
<i>Marasmius</i> , FR.	<i>Dædalea</i> , PERS.	<i>Irpex</i> , FR.
<i>Lentinus</i> , FR.	<i>Merulius</i> , FR.	<i>Sistotrema</i> , FR.
<i>Panus</i> , FR.		<i>Hydnum</i> , FR.
<i>Schizophyllum</i> , T.		
<i>Lenzites</i> , FR.		
<i>Agaricus</i> , BULL.		

bei *Trametes*, dem Baumschwamm, und bei *Hydnum*^{*}. Bei der ersteren Gattung durchbricht das Mycelium, wenn es zur Bildung des Hutes schreitet, die Baumrinde. Der Hut modelt sich zu einem halben Rotationskörper; zahlreiche solcher ordnen sich in Etagärenform (f. Bd. I, S. 242).

Das Gewebe solcher *Trametes*-Hüte ist verholzt; gleichwohl erfahren die Colonien solcher Baumschwämme periodisch von Jahr zu Jahr einen Zuwachs. Eine andere Anpaffung an die Unterlage zeigt *Merulius* (*lacrymans*, der Hauschwamm). Aus dem in Platten wachsenden Fadenmycelium differenziert sich unter geeigneten Bedingungen, in nasser stagnirender Luft, ein wenige Millimeter großer sphärischer Wulst, welcher in Zeit von wenigen Tagen zu einem flachen Teller von bis 30 cm Durchmesser auswächst. Auf der Oberseite (der von dem Substrat abgewendeten Seite) entwickelt sich das Hymenium.

Die *Clavari*e, *FRIES*, unterscheiden sich von der vorstehenden Gruppe durch keulenförmige oder dendritisch dichotom verzweigte Fruchtkörper, welche die Hymenien auf der Außenseite tragen. Zum Theil epiphyt: *Pistillaria*, *Typhula*, *Clavaria* L., *Sparassis*, *FR.*

b) *Gasteromycetes*, *DE BARY*.

Lycoperdacei, *Nidulariei*, *Phalloidei*, *Hymenogastri*¹⁾.

Der gemeinschaftliche Zug liegt darin begründet, daß das sporen-erzeugende Hymenium im Innern eines geschlossenen, mit einfacher oder mehrfacher Peridie versehenen Fruchtkörpers ausgebildet wird. Die Ausfaat der Sporen ist entweder nur durch den Zerfall, Bruch, Verwefung der Peridie möglich — *Lycoperdacei* — oder es differenziert sich die Peridie durch Spaltung in mehrere Klappen — *Gaster* — oder indem ein Theil derselben reforbirt wird — *Nidulariei* —.

Der einfachste Bau des Fruchtkörpers findet sich bei den *Hymenogastreen*, z. B. *Octaviana*. Innerhalb der Peridie ist das Gewebe, die Gleba, in zahlreiche Kammern durch den verschlungenen Verlauf des Hymenium getheilt. Eine Hymenialfalte besteht aus einem centralen Strange, der Trama; auf beiden Seiten dieser liegt das Hymenium mit den Basidien (und Paraphysen).

¹⁾ *Lycoperdacei*, *DE B.*

Ptychogaster, *CORDA*,
Glischroderma, *FUCKEL*,
Scleroderma, *PERS.*,
Lycoperdon, *TOURNEF.*,
Bovista, *PERS.*,
Gaster, *MICH.*
Tulasnodea, *FRIES.*

Nidulariei.

Cyathus, *HALLER*,
Crucibulum, *TULASNE*,
Phalloidei, *FRIES.*
Phallus, *L.*,
Mutinus, *FRIES.*

Hymenogastri, *TULASNE*.

Hysterangium, *VITTADIM*,
Melanogaster, *CORDA*,
Octaviana, *CORDA*,
Rhizopodon, *TULASNE*.

Der unreife, kuglige oder unregelmäßig knollige Fruchtkörper der Lycoperdaceen ist saftig, im reifen, trockenen Zustand von einer häutigen Peridie umgeben, z. B. Bovista. Die Peridie ist erhärtet, mehrfach geschichtet, in der äußeren Schale mit Vorsprüngen, Warzen, Stacheln versehen, bei Lycoperdon. Die Peridie von Geaster ist mehrfach geschichtet, enthält eine aus dicht verflochtenen Hyphen bestehende Collenchymfschale. Die äußere Peridie zerreißt und es trennt sich die eine mittlere Schale, aus locker verwebten Hyphen, in 3—5 und mehr sternförmig geordnete Kapselstücke. Die Gleba, das innere Gewebe des Fruchtkörpers, besteht im Beginn aus saftigen, in zahlreiche Kammern zerklüfteten Hyphen, an welchen die Batidiosporen entstehen. Mit der von der Peripherie nach dem Centrum vorschreitenden Reifung der Sporen wird das Gewebe trocken, durch die Sporen und die eintrocknenden Hyphen fädig pulverig. Die complicirteste Ausbildung zeigen die Nidularieen: von dem in abgestorbenen Wurzelstöcken der Bäume lebenden Mycelium bilden sich wenige Millimeter große Hyphenknöpfchen, an welchem eine äußere haarartig verästelte und eine innere Markschicht von Hyphen sich differenzirt. Im weiteren Verlauf der Entwicklung bilden sich im innern Gewebe an langen, gewundenen Hyphenbündeln (Funiculi), zahlreiche linsenförmige Pilzkörperchen (Sporangien) aus, welche an den Funiculis, wie die Ovula am Nabelstrang, befestigt erscheinen. Das Hyphengeflecht, welches zwischen den Sporangien den ganzen Pilzkörper ausfüllt, wird im weiteren Verlauf der Reifung quellungsfähig zu einer Gallert, in welcher die Sporangien sammt den aus parallel gefaserten Hyphen bestehenden Funiculi eingebettet sind. Die Peridie öffnet sich zu einem trichterförmigen Gebilde, nachdem alle Theile gewachsen sind. Zuletzt stellt der Fruchtkörper ein Schüsselchen dar, in welchem die Sporangienkörper als bis 2 mm große Kügelchen liegen. An diesen Sporangien entstehen die Sporen. Nach deren Ausfaat (f. EIDAM in COHN's Beiträgen, II. 2. S. 222) bildet sich ein verästeltes Hyphengeflecht, aus welchem die Anlage der Frucht der neuen Generation hervorgeht.

Die Phalloideen bilden eine besondere Pilzfamilie mit wenigen Repräsentanten. Das erdebewohnende Fadenmycelium bildet sphärische Fruchtkörper mit dreifach geschichteter Peridie, in dem innern massiven Kegel bildet sich die Gleba, in welcher die vielkammerigen Sporenlager sich befinden. Durch Differenzirung zur Zeit der Sporenreife wird der mittlere Theil der Peridie zur Gallert; die äußerste Schicht wird zerrissen, indem der innere Kegel sich beträchtlich streckt. Der Fruchtkörper stellt alsdann einen Cylinder mit elliptischer Anschwellung am Ende dar, welcher in seinem Fußpunkt mit der äußeren Schale der Peridie in Verbindung steht. Die Phalloideen stehen in morphotischer Hinsicht zwischen den Gastromycetes und

Hymenomycetes (zwei Gattungen: Phallus, L., und Mutinus, Fr., in Laub- und Nadelwäldern, an faulen Wurzeltöcken u. a. m.).

§ 13. Gegliederte Stämme. Scheitelzelle. Differenzirung der vegetativen Theile und der Antheridien und Archegonien aus Gliederzellen. Characeen¹⁾.

Von jetzt an gehen in aufsteigender Richtung die Antheridien und Archegonien und die Scheitelzelle mit bis zu den höheren Kryptogamen, also bis zu den Moosen, Equifeten, Farren, Rhizocarpeen. Die nächsten Formkreise, welche in der Stufenleiter zu vergleichen wären, sind die Characeen und die Moose. Sie besitzen in der Form so gut wie keinen gegenseitigen Anschluß, auch in der Entwicklung haben sie nur den gemeinfamen Zug, daß sie vielfach in den Fadenalgentypus zurückschlagen, so in dem Vorkeim (protonema) und in den Antheridienzellen bei den Charen²⁾.

A. Wachsthum des Stammes.

Die Charen sind wahre Modellpflanzen, insofern sich alle Theile mit Leichtigkeit in ihrer Architektonik auf die Scheitelzelle zurückführen lassen: in der herrschenden Wachstumsrichtung (Stamm) entstehen in akropetaler Folge Zellen, welche in der Scheitelzelle abgegliedert werden. Nennen wir die Scheitelzelle vom I. Grad, so sind die abgechiedenen Tochterzellen vom II. Grad. Sie sind verschiedengefaltet und von wechselnd verschiedener Bedeutung. Die eine ist biconcav und aus ihr entstehen durch Sprossung die Zweigwirtel, die andere ist biconvex, sie streckt sich und stellt das Internodium des Stammes dar, welches zu beträchtlicher (mehrere Centimeter) Länge heranwächst, Fig. 93 J J_I u. f. f.

¹⁾ PRINGSHEIM, Ueber die Vorkeime und die nacktfüßigen Zweige der Charen. Jahrb. f. wissensch. Bot. III. S. 294. — DE BARY, Keimungsgechichte der Charen. Bot. Ztg. 1875. — SACHS, Lehrbuch d. Bot. 4. Aufl. S. 295. — DE BARY, Befruchtungsvorgang bei den Charen. Mon. Ber. d. Königl. Ak. Berlin. Mai 1871.

²⁾ Die Characeen, Armleuchtermoose, sind bis meterlange, hochgegliederte Pflanzen im Süßwasser, kalkliebend, in Sümpfen und Flüssen bis zu der alpinen Region; zwei Gattungen: Nitella, der Stamm ist unberindet; Chara, der Stamm ist berindet und häufig bei mehreren Arten starr mit Kalk inkrustirt. Die Characeen bilden einen durchaus scharf nach beiden Richtungen geforderten Verwandtschaftskreis mit durchaus charakteristischer Entwicklung, den größeren Anschluß besitzen sie nach den Algen, den kleineren nach den Moosen hin.

1. Gliederung der Hauptaxe und deren Berindung.

Die Hauptaxe setzt sich aus wechselnd biconvexen und biconcaven Linienstücken zusammen. Wir nennen diese die Stammzellen II. Grades,

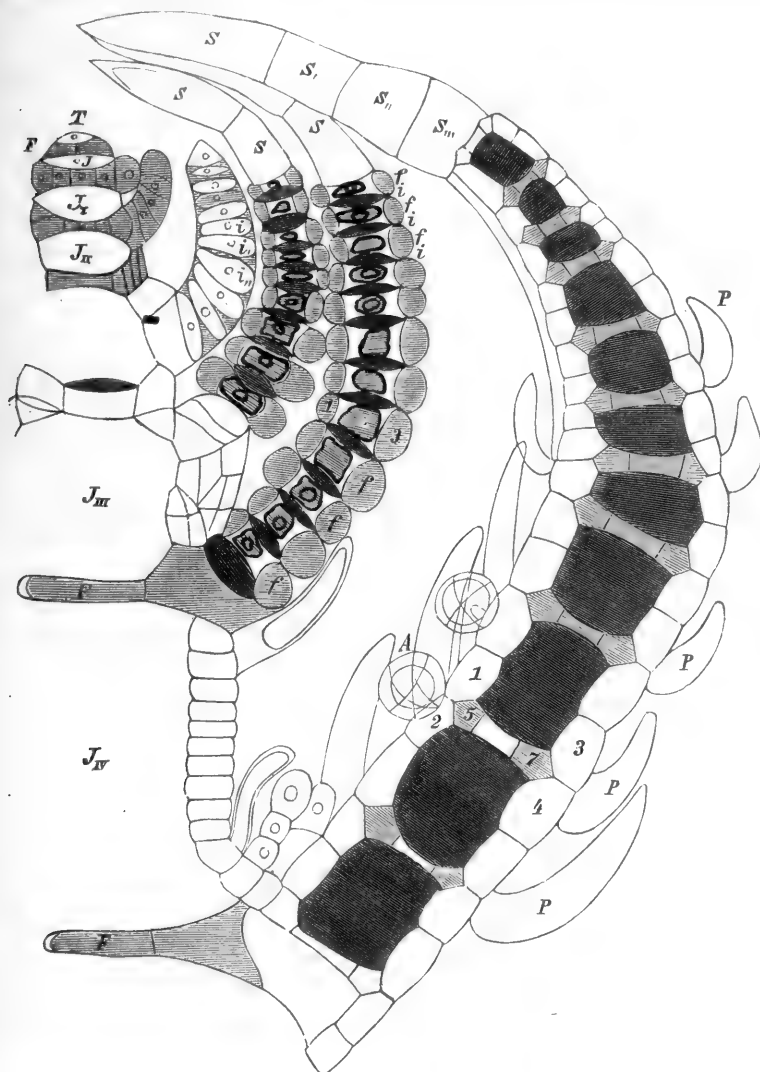


FIG. 93. Halbschematischer Durchschnitt durch die Scheitelregion der *Chara foetida*. J_I bis J_{IV} die Internodien. F die Quirlplatten. Fünf Seitenzweige der ersten Ordnung sind zur Rechten verzeichnet. S S' die nicht berindeten Endglieder dieser Zweige. P die haarförmigen Quirlzweige. A Antheridie. In den Zellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ist der Complex von Zellen dargestellt, welcher zu einem Diaphragma gehört. Die Zellen 1, 3 stammen von einer der Zellenwarzen f , die Zellen 2, 4 von einer nächst tieferen. P die einzelligen vegetativen Zweige der letzten Ordnung.

bezogen auf die Scheitelzelle, welche dementsprechend nach unten wechselnd von concaven und convexen Zellwänden abgegrenzt ist. Die biconvexe zum

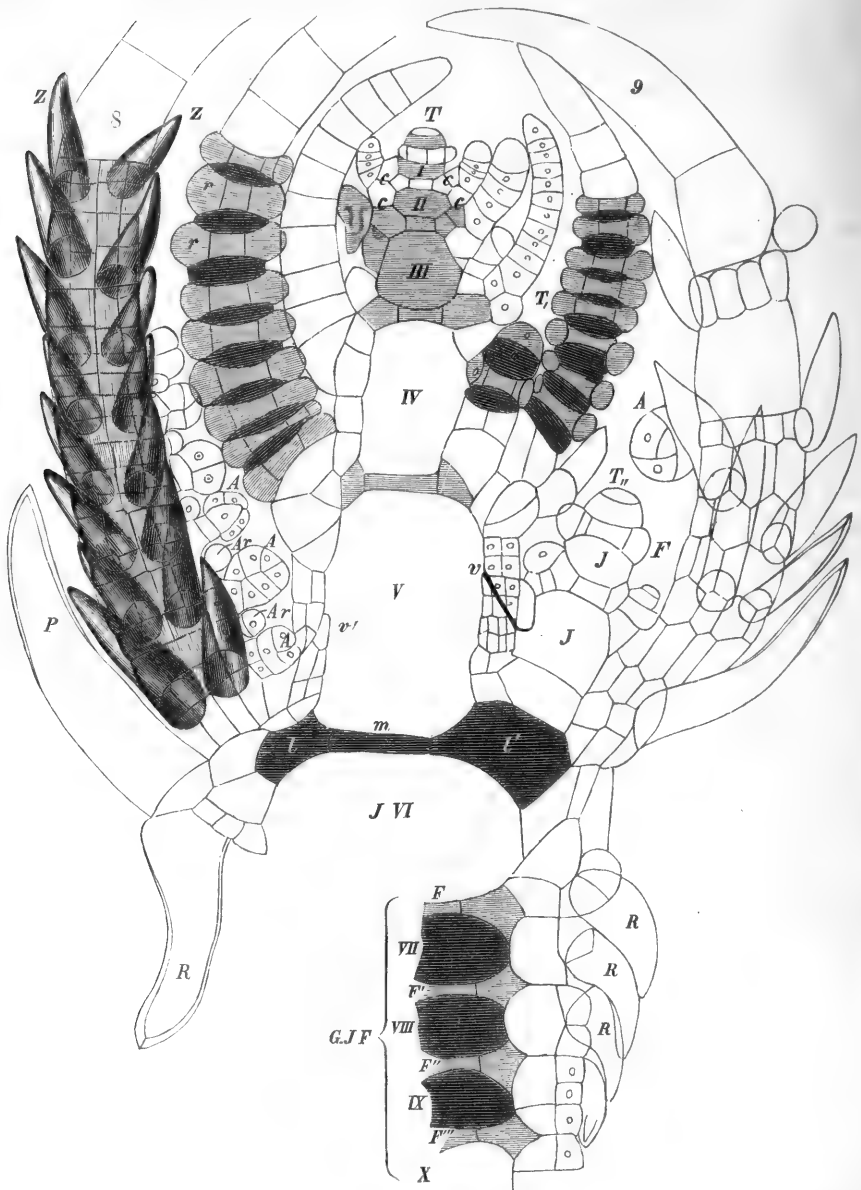


Fig. 94. *Chara foetida*. Durchschnitt durch den Stamm, halbschematisch nach einem mikroskopischen Präparate gezeichnet. I bis VI die normal entwickelten Internodiazellen der Hauptaxe, VII bis X dieselben, an welchen die Seitenzweige zurückgeblieben sind und sich in abwärts gekrümmte Zellenausfüllungen R verwandelt haben. Schon in der zweiten Etage, von T aus gerechnet, hat sich die biconcave Scheidewand, welche fettliche Auszweigungen bildet, in drei Zellen geteilt, welche im verwachsenen Zustande in 1' und m, Fig. 95 I, bezeichnet sind. Die sieben obersten Äeste sind im optischen Durchschnitt, die zwei untersten in der Flächenansicht dargestellt. Die obersten Glieder in den Zweigen der nächsten Ordnung sind nicht berindet. Die Berindung wird durch die Zellenpapillen r r' hergestellt. Die Auszweigungen dieser Zellen werden zu Antheridien A und Archegonien Ar und außerdem sprossen noch vegetative Zweige Z Z' hervor ohne Berindung. P ein aufstrebender, R ein abtребender unberindeter Zweig. v v' Durchschnitte der älteren Rindenschicht. In dem Zweig 8 ist in dem schraffierten unteren Theil die Außenfläche dargestellt. In der Achsel des Zweiges 9 ist ein Axillarsproß mit dem dauerndthätigen Vegetationspunkt T' getroffen.

Internodium werdende Stammzelle theilt sich überhaupt nicht mehr, sie wächst aber auf eine außerordentliche Länge heran (vgl. Fig. 93 und 94). Von der biconcaven Stammzelle sind alle übrigen Auszweigungen herzuleiten. Beachtet man zunächst den optischen Durchschnitt, so findet man (Fig. 93 in *f*), daß die äußern in der Cylinderwand liegenden Ränder sich über diese hinauswölben. In der Knospe berühren sich im Cylindermantel alle biconcaven Zellen. Sie theilen sich im optischen Längsdurchschnitt durch zwei parallel der Axe stehende Wände in eine mittlere Scheibenzelle und zwei an der Peripherie liegende. Denken wir uns nun diesen Complex von Zellen um 90° gedreht, so daß wir die Scheibe in der Fläche sehen, so ist die mittlere Zelle nahezu ein Kreis und ist nicht weiter getheilt. An Stelle der im optischen Durchschnitt in der Zweizahl erscheinenden Randzellen, *cc* Fig. 94, werden jetzt deren vier, fünf und mehr gesehen. Von diesen ist zunächst die Berindung herzuleiten. Bei *Batrachospermum* (f. oben S. 117) wurde gezeigt, daß die Berindung der Stammzelle von je einem oberen Quirl von Seitenzweigen nach einem tieferen Internodium von einem Theil der Zweiglein in der Weise vollzogen wird, daß sich diese der Stammzelle von oben nach unten anschmiegen, Fig. 60 *C*. Bei den Charen wirken die Randzellen des biconcaven Quirlstückes nach beiden Seiten, nach oben und unten. Die Rindezellen je eines Internodium stammen zur Hälfte von dem oberen, zur anderen Hälfte von dem unteren Quirl. Bei *Batrachospermum* vollzieht sich die Berindung erst nachdem die Stammzelle sich beträchtlich gestreckt hat. Der Charenstamm ist aber schon berindet im zweiten oder dritten Internodium, von der Scheitelzelle ab nach unten gerechnet. Jede der beiden im optischen Durchschnitt gesehenen Randzellen, *cc* Fig. 94, steht bereits nach oben wie unten in Verbindung mit den entsprechenden Zellen der benachbarten Quirlstücke $n-1$ und $n+1$. Jede der Randzellen theilt sich im weiteren Verlauf und während sich die biconvexe Stammzelle zum Cylinder streckt und die Reihe *I*, *II*, *III*, Fig. 94, durchläuft, mindestens in drei Zellen, welche durch horizontal stehende Zellwände von einander geschieden sind. Die mittlere dieser drei Zellen, *m* Fig. 94, bleibt im Niveau des Quirlstückes liegen und wird zum Ahnen der Antheridien und Archegonien, sowie der Axillarpfrosse (f. weiter unten). Die obere wird zur Rindenzelle für die untere Hälfte des nächst oberen Internodium, die untere wird zur Rindenzelle für die obere Hälfte des nächst unteren Internodium. Nun strecken sich in akropetaler Folge die biconvexen Stammstücke und bleiben ungetheilt, die beiden für den optischen Durchschnitt in Betracht kommenden Rindenzellen eines Längstreifens strecken sich dementsprechend mit und theilen sich, jede Zelle in 5–10 Tochterzellen, Fig. 95 *III*, welche im mittleren Zustand der Streckung noch an der Verschränkung der einzelnen Zellenketten auf ihre Ascendenten zu-

rückgeführt werden können. In dieser Figur sind die im optischen Durchschnitt belegenen Rindenzellen C C' ungetheilt dargestellt, die dem Beschauer zugekehrte Cylinderwand zeigt oben eine Zellenreihe in voller, zwei in halber Flächenansicht; unten dagegen zwei Zellenreihen in voller und zwei ebenfolche in $\frac{1}{4}$ der Flächenansicht. Die Rindenzellen strecken sich zu einer viel größeren Länge, wenn das Internodium dem

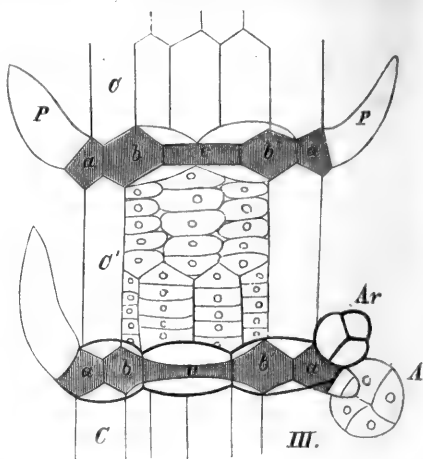
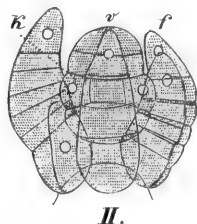


FIG. 95. I. a *Chara belemnophora*, b *tenuissima*, natürl. Größe. II. (PRINGS. Jahrb. III, Taf. X.) v Scheitelzelle, sodann kommt eine primäre Gliederzelle, k Zelle, an welcher der Blattwirtel entsteht, sodann kommt in derselben Reihenfolge eine Gliederzelle und dann wieder eine jetzt den Blattwirtel f tragende Wirtelzelle. III. *Chara foetida*, zwei Quirle, c die Scheidewand, b b' die Zellen, welche in der Vielzahl vorhanden, die Zweige hervorbringen, P ungetgliederter vegetativer Zweig, Ar Archegonium, A Antheridium. In C' ist ein Theil der Rindenschicht in der Oberflächenansicht dargestellt, mit der vollen Anzahl ihrer Zellen, während dieselbe Rindenschicht in C im Durchschnitt einzellig dargestellt wurde.

ausgewachsenen Zustand zueilt, sie führen reihenweise in Längslinien geordnete Chlorophyllkörper. Der Stamm tordirt sich schraubenlinig, die Zellen werden demgemäß ebenfalls in eine zur geometrischen Axe geneigte Lage gebracht, ebenso die Reihen der Chlorophyllkörper. Die Oberfläche der Rindenzellen wird mit kohlenfaurem Kalk inkrustirt.

2. Bildung der Quirlzweige.

Von der mittleren der drei Zellen, welche aus der Randzelle des biconcaven Quirlstückes übrig blieb, sind alle übrigen Zweigformen herzu-leiten. Wir beginnen mit den complicirtesten. Soviel Randzellen gebildet waren in einem Quirlstück, soviel Zweige der ersten Ordnung werden entwickelt. Die Zelle streckt sich, differenzirt genau wie der Stamm wechselnd biconvexe Internodien und biconcave Quirlstücke. Die Berindung geht in demselben Sinne vor sich, Fig. 93, 94. Die 4—5 Außenzellen des biconcaven Quirlstückes aber, welche wie beim Stamm übrig bleiben, um nun Zweiglein der nächsten Ordnung zu bilden, verhalten sich verschieden, die nach innen belegenen bilden die Geschlechtsapparate, die nach außen belegenen werden zu einzelligen, cylindrisch konischen Borstenzweigen, die

Figur 94 zeigt zwei Reihen derselben in dem Zweig 8. Die Endglieder der Zweiglein erster Ordnung werden nicht berindet, wachsen zu langen Cylinderzellen mit kegelförmiger Endzelle aus. Damit ist selbstredend das Längenwachsthum, soweit es auf der Anlegung neuer Stammzellen in akropetaler Folge beruht, in solchen Zweigen abgeschlossen. Ein großer Theil der Hauptinternodien am Stamm bleibt gestauch, kommt nach der Berindung gar nicht zur vollen Streckung und die Quirlzweige werden nur einzellig ausgebildet, diese krümmen sich alle nach unten, Fig. 94 VII—IX. Außer den fructificirenden Zweigen der ersten Ordnung werden aus derselben Randzelle und zwar dicht bei dem fertilen Quirlzweig noch zwei einzellige cylindrische Zweige gebildet, einer krümmt sich nach oben, der andere nach unten, Fig. 94 P und R.

3. Axillarsprosse.

Außer diesen Zweigen werden durchaus regelmäßig gestellte Axillarsprosse im Winkel zwischen der Hauptaxe und dem fructificirenden Seitenzweig gebildet, Fig. 94 T'. Die Entwicklung dieser kann ebenfalls nur auf die Außenzelle des biconcaven Quirlstückes zurückgeführt werden. Sie verläuft bis zu dem Zeitpunkt, in welchen die Figur 94 reicht, genau so wie die Entwicklung der Hauptaxe. Diese Triebe ruhen aber nach der Anlegung weniger Internodien, um erst dann zur Streckung zu gelangen, wenn der Haupttrieb durch äußere Zufälligkeiten abgebrochen wird.

4. Zusammenstellung der Zellenfolge.

Hier denken wir uns in das sechste Internodium und den fünften oder sechsten Quirl, von der Scheitelzelle gerechnet, Fig. 94, weil in dieser Gegend alle Organe mindestens bis zur ersten Anlage differenzirt sind, und suchen die genetische Verwandtschaft der Zellen durch ein Schema darzustellen. So sind das Quirlstück und das Zwischenquirlstück Verwandte ersten Grades zur Scheitelzelle. Das letztere kann im Schema vernachlässigt werden, denn es theilt sich nicht weiter, vom ersteren aber können die Generationen für den optischen Durchschnitt in dieser Weise hergeleitet werden:

Biconcaves Quirlstück I.

- 1° Anlage der ersten Zelle für die Berindung II. Theilung bis zur III.
- 2° Anlage der Quirlzweige, vom Quirlstück durch eine Zellwand verschieden, IV. Theilung.
- 3° Anlage der aufwärts und abwärts geneigten Borstenzweige, Fig. 94 P R, IV. bis V. Theilung.
- 4° Anlage der ersten Zellenwarze für das Antheridium und ebenso für das Archegonium, V. bis VI. Theilung, aber an dem Quirlstück des Zweiges der ersten Ordnung.

5^o Erste Anlage des Axillarsprosses, VI. bis VII. Theilung, an dem Quirlstück der Hauptaxe.

Der Axillarsproß ist dementsprechend immer ein näherer Verwandter zur Scheitelzelle der Hauptaxe, Fig. 94 *T*, wie die Geschlechtsapparate.

B. Generation.

Auch in der Entwicklung der Geschlechtsapparate stehen die Characeen isolirt. Dieß gilt vorzüglich für das Antheridium. Dasselbe entsteht als eine Ausstülpung an einem Zweig der zweiten bis dritten Ordnung und an diesem als eine metamorphe Zweiganlage,

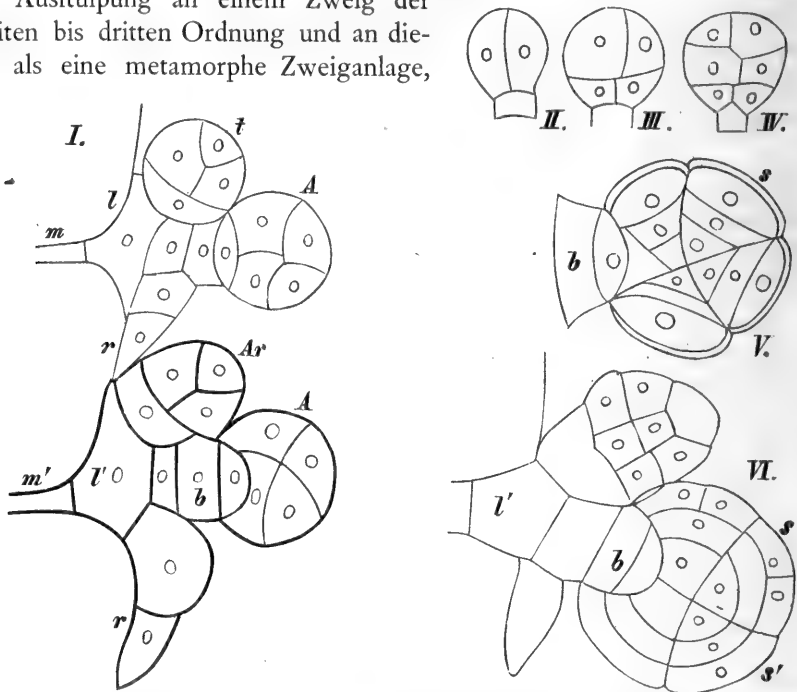


FIG. 96. *Chara foetida*. I zwei Quirle mit den aus den Zellen *l* entsprossenen Antheridien und Archegonien, *t* Scheitelzelle des Archegonium, *m* die Gliederzelle, *l* die Rindenzelle des Knotens wie in Figur 73, *r* die Zellen, welche die Berindung bilden, *b* Bafalzelle des Antheridium. II bis VI aufeinanderfolgende Stadien der Antheridien, in II ist daselbe durch eine im Meridian stehende Wand zuerst getheilt, in III und IV sind bereits die sechs Schildzellen gebildet, in V und VI sind bereits die Zellen angelegt, welche später zapfenförmig in den Hohlkörper des Antheridium vorspringen.

welche sich kuglig gestaltet. Die Theilungsvorgänge für die Entwicklung des Antheridium find in den Fig. 93, 94, 95, und in der Reihe I—VI in der Fig. 96 zu verfolgen.

Antheridien und Oogonien find bei den Characeen nahe verwandte Zellenabkömmlinge der Quirlzellen, der Complex ist im optischen Durchschnitt in dem stärker ausgezogenen Theil der Figur 96 leicht kenntlich. Das Antheridium ist im Anlagezustand eine Kugel, welche sehr bald eine Bafalzelle abscheidet. Die Kugel theilt sich in 6—8 Zellen, welche unter

sich vollkommen gleich ihren Raum einnehmen. Jede dieser Zellen theilt sich durch tangential gerichtete Wände in die Zellen der Rindenschicht, sechs beziehentlich acht in's Innere vorspringende kegelförmige Zellen, von welchen die Antheridienfäden ausprossen. Die sechs Zellen, *b* Fig. 97, führen einen gelben Farbstoff, welcher an feine Plasmatröpfchen gebunden ist.

Das reife Antheridium ist etwa $\frac{1}{2}$ —1 mm groß, je nach der Stärke der vegetativen Pflanze und aus sechs Schildchen mit eigenthümlich verdickten Zellwänden zusammengesetzt. In der Fig. 96 ist ein Schildchen *s* im halbreifen Zustande des Antheridium dargestellt.

An jeder der zapfenförmigen Zellen, Fig. 97 *b*, sprossen mehrere cylindrische Zellenketten, welche sich in schmale Zellchen gliedern. Jede Gliederzelle ist die Mutterzelle für ein Spermatozoid. Diese Zellenketten füllen den größten Theil des Hohlraumes aus. Zur Zeit der Geschlechtsreife zerbricht das Antheridium in die sechs oder acht Schilder, die Antheridienfäden quellen hervor, die Spermatozoiden werden nach dem Wasser entleert. Das Spermatozoid der Characeen ist demjenigen der Moose ähnlich, eine schraubenlinig gewundene Plasmamasse mit zwei Cilien an dem einen spitzeren Ende des Fadens. Die Bewegung geht in der Richtung eines Korkziehers, das cilientragende Ende geht voran. Die Cilien beschreiben eine rotirende Bewegung in einer Kegelfläche, deren Spitze ihr Befestigungspunkt ist.

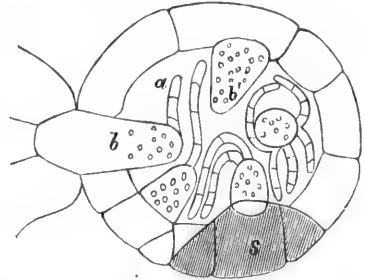


FIG. 97. Halbreifes Antheridium. *b b'* die Zellen, welche gelbes Pigment in sphärischen Körnern führen, an ihnen entstehen die Gliederfäden *a*, welche die Spermatozoiden hervorbringen, *s* Durchschnitt eines Schildchens.

In einem Quirl der *Chara foetida* findet man bereits mächtig angeschwollene Oogonien neben halb entwickelten Antheridien. Die *Chara foetida* (vielleicht noch andere) sind wahrscheinlich protogyn.

Die erste Differenzirung der Oogonien von den in der Anlage gleichen Antheridien zeigt eine scheitelftändige Zelle *t* und *Ar* (Fig. 95, vergl. auch *A* und *Ar* in den Fig. 95 und 96), umgeben von 4—5 Wirtelzellchen, von welchen in den Figuren zwei im optischen Durchschnitt dargestellt sind. Im halbreifen Zustande ist das Oogonium cylindrisch. Es besteht aus einer Centralzelle und einer Basalzelle, von welcher die vier oder fünf Quirlzellen entspringen, diese berinden die Centralzelle als vier oder fünf Zellen, welche den Hohlraum dicht und lückenlos umschließen. Je eine dieser Rindenzellen theilt sich zweimal, so daß drei Zellen entstehen. Im Ganzen bilden somit zwölf oder fünfzehn Zellen die Berindung des Oogonium, die vier beziehentlich fünf oberen bilden den Halscanal, das Krönchen, die vier oder

fünf mittleren winden sich im weiteren Verlauf der Ausbildung spiralig um den eiförmigen Raum des Oogonium und die vier unteren verändern sich nicht wesentlich. Zur Zeit der Geschlechtsreife ist das Oogonium zur Größe von bis 2 mm angeschwollen, die Centralzelle reichlich mit Oel und Amylum im Protoplasma versehen. Die Zellen des Krönchens weichen seitlich auseinander und bilden vier beziehentlich fünf Spalträume, an dem vordern Ende besitzt die Eizelle eine hyaline Keimpapille, dort treten die Spermatozoiden ein. Nach der Befruchtung verändert sich die Größe des Oogonium nicht wesentlich. Die Rindezellen erhärten (verholzen), das reife Oogonium fällt ab, die vegetative Pflanze geht ein.



FIG. 98. *Chara fragilis*, Keimpflanze. *s* Sporenfrucht, *i* das unterste blasse Glied unter dem Wurzelknoten, *d* Wurzelknoten, *pt* Prothallium (Vorkeimspitze), *g* Stelle, wo die Zweigknospe entsteht, *q* das Glied unter dieser Knospe. PRINGSHEIM, Ueber die nacktfüßigen Zweige der Charen (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. III).

Die Oospore der Charen ruht und keimt im nächsten Frühling, oder bei genügender Temperatur in der Cultur auch während des Winters. Das Endosporium theilt sich hierbei in mehrere Zellen. Zuletzt durchbricht eine Zellenkette das Endosporium, welche auch bei den später berindeten Formen zunächst unberindet bleibt, diese Zellkette ist der Vorkeim. Ein vegetativer Zweig der nächsten Ordnung bildet die berindete Charenpflanze.

Bei der Keimung der Characeen findet sich also ein geringer morphotischer Anschluß an die Laubmoose. Dort aber ist die Spore nicht gefächert. Das Endosporium wächst bei den Moosen zu einem Zellenfaden, Protonema, aus, an welchem die geschlechtstragende Generation als eine vegetative Auszweigung der zweiten Ordnung entsteht.

Stellen wir die Entwicklung von der Keimung ab mit Berücksichtigung der eingehenden Studien DE BARY's über die Keimung der Charen hier zusammen, um den Anschluß dieser eigenthümlichen Formgruppe nach den Algen einer-, nach den Moosen andererseits klar zu legen.

Das Oogonium keimt, es entstehen zwei Zellen, eine vordere am Orte der Empfangniß belegene kleinere und die den ganzen Hohlraum des Oogonium einnehmende größere. Die kleinere theilt sich mehreremale, das Material für den Aufbau der jungen Pflanze stammt aus der größeren. Die erstere bildet die Hauptvorkeimzelle, welche aus der Oospore hervor-

wächst, sich gliedert in den Vorkeim und die Scheitelzelle, welche nach und nach den Hauptwurzelknoten und die ersten Quirlstücke des Stammes bilden. Von dem Hauptwurzelknoten entspringen mehrere gegliederte Wurzelzellfäden mit wirteligen Zweigen erster Ordnung. Außer diesen entstehen in dem Scheitel des Oogonium noch accessorische Vorkeime, welche sich ähnlich verhalten wie der Hauptvorkeim. Von nun ab entwickelt sich die vegetative Pflanze bis zu dem reifen Oogonium nach der vorstehenden Schilderung.

Die Characeen stellen in der Bildung des Oogonium die obere Stufe derjenigen Algen dar, welche ein unberindetes Oogonium besitzen (*Vaucheria*, *Oedogonium*). Im Bau der vegetativen Organe stehen sie isolirt (wenn nicht ein geringer Anschluß an die Florideen geltend gemacht werden soll, vgl. oben S. 124).

Der Anschluß an die Moose ist in der Bildung der Sporen und Zweigvorkeime, welche den Charen wie den Laubmoosen zukommen, begründet. Die Zweigvorkeime entstehen in den beiden Verwandtschaftskreisen aus bereits fertig differenzirten Zellen der Rindenschicht der vegetativen Pflanze.

§ 14. Die Archegoniaten (die Antheridien und Archegonien).

Durch keine einzige Mittelform ist der Verwandtschaftskreis der Archegoniaten mit den bisher betrachteten Formen verbunden. Hier könnte man aus den bekannten Entwicklungs geschichten die eventuell untergegangenen Racen construiren. Ein derartiges Unternehmen würde zu einer endlosen Kette von Speculationen führen, welche erst recht, namentlich bei der späteren Aufgabe, von den Moosen nach den Gefäßkryptogamen hinüber eine Continuität der Entwicklung zu finden, zu Schanden würde.

Die unter dem obigen Namen zusammengefaßten Familien: Moose, Farrenkräuter, Equiseten, Rhizocarpeen, besitzen gestaltlich gar keinen gegenseitigen Anschluß. Von den Moosen nach den Farren ist kein Anschluß (nach den Tabellen, f. S. 46, Farren, Equiseten, Rhizocarpeen), ja selbst die einzelnen Gattungen in diesen Familien, so namentlich bei den Rhizocarpeen, besitzen gestaltlich gar keine Aehnlichkeit, f. z. B. *Salvinia* und *Pilularia*, *Pilularia* und *Marsilea*, während in der Art und Weise ihrer geschlechtlichen Vermehrung auf das Entschiedenste die Blutsverwandtschaft nachweisbar ist.

A. Ueberblick der Generation.

Mit den Moosen beginnen die Formenreihen, bei welchen die weibliche Zelle in einem geschlossenen Behälter, in dem Archegonium, entsteht.

Während bei allen früheren Verwandtschaftskreisen die befruchtete Eizelle (Gonosphäre) ruhte oder selbst längere Zeit in einer festen Membran eingehüllt blieb, vollzieht sich von nun ab unmittelbar nach der geschlechtlichen Mischung die Keimung, d. h. die Eizelle erhält eine plastische Membran und geht sofort in diejenigen Zelltheilungen ein, welche mit der Bildung der nächsten Generation abschließen (man vergl. die Tabelle S. 46).

Dieser Zug der Entwicklung kommt allen höheren Descendenten zu, den Moosen, Gefäßkryptogamen, Phanerogamen.

Die Genealogie der höheren, der blättertragenden Pflanzen kann nur begriffen werden, wenn man annimmt:

1° daß die ersten Erhebungen aus der Algenform versucht wurden von Wasserbewohnern oder solchen Pflanzen, die öfters benetzt als trocken waren. Sehr große Zeiträume gegenüber den historischen mußten zu Versuchen der Adaption angewandt sein, um die Rudimente der Sexualorgane so hoch auszubilden, wie sie jetzt noch nach dem Charentypus bei den Moosen vorkommen. Die Blutsverwandtschaft mit dem Algenstamm kann schon durch die Hauptzüge des sexuellen Lebens erwiesen werden. Der geschlechtliche Vorgang der höheren Kryptogamen, Moose, Farrenkräuter, ist im Wesen der Sache gleichartig und besitzt einen Anschluß an die Entwicklung derjenigen Algen, welche mit einem Trichogyn, z. B. Coleochæte, versehen sind. Der wesentliche Unterschied besteht nur darin, daß bei den genannten Algen die Eizelle nach der Befruchtung zu einem Cystocarp eingehüllt wird, während dieselbe bei den Moosen und höheren Archegoniaten schon vor der Befruchtung in dem Archegonium eingehüllt und geschützt ist;

2° daß der pflanzliche Organismus bestrebt ist, die beiden Sexualzellen von möglichst entfernten Descendenten derjenigen Zelle herzuleiten, in welcher die sexuelle Mischung in der vorigen Generation erfolgte;

3° daß bei Versuchen zur Variation und Accumulation der Propagationsorgane der verschiedenen Verwandtschaftsstämme die Concurrenz um das Areal mitgewirkt habe, und zwar in der Weise, daß die Propagationszellen mit geringsten räumlichen Ansprüchen die bevorzugten waren;

4° daß die parasitäre Tendenz, welche von dem Algenstamm in den Pilzstamm hinübergeflossen und dort die höchste Stufe der Anpassung erreicht hat, in dem Algenstamm durch alle höheren Descendenten, Moose, Gefäßkryptogamen mit bis zu den Phanerogamen, durch die Keimpunkte aller Generationen geflossen ist und plötzlich bei den Phanerogamen wieder zum Ausdruck kommt.

Ein Hauptzug in der Genealogie der Blätterpflanzen ist, wie schon angedeutet, die Ausbildung der Keimbläschen unmittelbar nach der Befruchtung. Zu den allerauffälligsten Erscheinungen, welche im Pflanzenreiche vorkommen, gehört die Thatfache, daß die Verwandt-

schaft zwischen den Charen oder dem Algenstamm (der Formaxe) und den höheren Descendenten nicht durch die Moose vermittelt wird.

Die Moose divergiren von der Formaxe so weit, wie kein anderer und höherer Descendent von seinen nächsten Verwandten.

Daß in einem so dominirenden Formenkreis, wie die Moose, der Kreuzungspunkt der Formkeime zu nichts weiter verwandt wird als zu einer Kapfel, welche Sporen durch vegetative Theilung hervorbringt, während in allen höheren Descendenten derselbe zu der beblätterten Pflanze ausgebildet wird, dieß trägt so sehr das Gepräge der Adaption wie keine andere Erscheinung, und doch müssen die Ahnen der Moose auch den übrigen Archegoniaten Ursprung gegeben haben. (Knospung von *Protonemafäden* und bebl. Pflänzchen aus der Seta, PRINGS. B. Ak. d. W. 1876.)

Wir wollen zuerst die Verwandtschaft aller Descendenten von den Moosen zu den Phanerogamen untersuchen, soweit sie in den Sexualapparaten selbst nachweisbar sind.

Alle weiblichen Apparate tragen die Tendenz der Einhüllung der Keimzelle (nach dem Charentypus) in sich.

Bei der Vergleichung der Vorgänge in der Tafel (S. 46) aber drängt sich sofort die Ueberzeugung auf, daß die Geschlechterbildung, die Sexualität selbst eine adaptive Erscheinung ist:

1° weil der Keim für das Geschlecht (die Spore und das Pollenkorn) als Propagationszelle hinausgeschickt wird und trotz der so hohen Formkeimanhäufung als Derivat von den verschiedensten Zweigen stammen kann:

a) bei den Equiseten ist die Spore ein naher Blutsverwandter der Scheitelzelle des Stammes;

b) bei den Farrenkräutern ist sie der entfernteste, welcher an einem Stock möglich ist, sie entspringt aus dem Haare, welches die letzte Sprossung des Blattes ist;

c) bei den Selaginellen, Rhizocarpeen, Isoëten, Coniferen, Phanerogamen ist die Spore ein Descendent des Blattes, und doch tragen sie alle die hohe Bedeutung, die Formkeime zu accumuliren.

Alle diese Sporenbildner, die Blätter, Zweige, Haare, haben noch außerdem die mannigfachsten anderweiten Anpassungen. Kein Wunder, daß bei der Keimung dieser verschiedenen Abkömmlinge auch die Formen so sehr verschieden sind.

Die Moosspore allein ist ein näherer Blutsverwandter zu dem Keimbläschen wie alle übrigen, daher vielleicht der plötzliche Rückschlag in den Algentypus bei ihrer Keimung. Daher aber auch die merkwürdige Erscheinung der frühesten Geschlechtsreife bei den Moosen.

Die Tendenz, die Keimzelle in einen Behälter, das Archegonium, einzuschließen, kommt allen höheren Descendenten zu. Dieses Streben nimmt

ab von den Moosen nach den Phanerogamen. Das Archegonium tritt als letztes Rudiment bei den Coniferen auf.

Unterlassen wir es zunächst die Genealogie der Coniferen aufzufuchen, und beschränken uns auf die niederen Moose und Gefäßkryptogamen, so erhalten wir folgende Verwandtschaftsreihe:

Moose:

1^o die Spore bringt ein nach dem Dictyotatypus wachsendes gefäßloses Lager hervor, welches geschlechtlich ist, Marchantieen (Pellia), die Archegonien und Antheridien sind entstanden aus einer Oberflächenzelle;

2^o die Spore bringt ein nach dem Pellien- oder einem andern Lebermoostypus wachsendes Lager hervor mit Antheridien und Archegonien, welche aus Oberflächenzellen entstehen, Farrenkräuter, Equiseten, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen;

3^o die Spore bringt ein nach dem Gliederalgentypus gebautes ungeschlechtliches Lager hervor (das Protonema), Laubmoose mit adventiven Geschlechtspflanzen.

Mit Rücksichtnahme auf die S. 188 ausgesprochenen Hypothesen ist es dann leicht einzusehen, daß die Moosfrucht, aus einem tangähnlichen Lager entspringend, allen Anforderungen der Propagation genügt, weil aus den nächsten Derivaten des Kreuzungspunktes der Form viele (nur bei den Charen und Fucaceen eine einzige) Keimzellen entstehen, welche in sich den Keim zu einer Generation bergen, die denselben Proceß wiederholt.

Bei den Formkreisen der Fucaceen, Charen, Riccien, Marchantien erhalten wir aus dem Kreuzungspunkt entweder sofort wieder dieselbe Pflanze, Fucaceen, oder eine einzige Dauerzelle, welche überwintert, bei ihrer Keimung wieder dieselbe Pflanze hervorbringt, Charen, oder es entstehen durch Theilung nach der Kreuzung mehrere Sporen (Dauerzellen), welche überwintern und keimend jede wiederum eine ähnliche Generation hervorbringt, z. B. Riccien, als diejenigen Moose, bei welchen die Kapfel am unbedeutendsten entwickelt ist.

Der adaptive Charakter der Mooskapfel geht hieraus hervor. Es muß ihre Bildung gedeutet werden als ein Streben der in früheren Epochen amphibisch lebenden Stammeltern, die Propagationszellen über das Lager zu erheben, so daß sie rascher und leichter zerstreut werden. Noch jetzt sehen wir verschiedene Neigungen dieß zu erreichen.

Die in das Lager eingesenkten Archegonien der Riccien und Anthoceroten werden bei *Andræa*, *Sphagnum* und *Splachnum* durch eine eigenthümliche Wucherung des Stammes weit über das Lager hinausgeschoben.

Dieß ist ein Zug, der bei den Marchantieen zur Bildung eines Fruchtstandes führt, an dessen Unterseite das befruchtete Archegonium sitzt und Kapfeln mit rudimentärer Seta ausbildet.

Der Charakter der Moosfrucht in der Theilung ist anfangs der eines Stammgebildes, später aber tritt eine Differenzirung ein in einen Kapfelapparat und einen Stiel, die Seta, welche so eigenthümlich ist, daß sie nach keiner Richtung einen morphotischen Anschluß besitzt.

Das Keimbläschen theilt sich dabei nach äußerst strengem Formgesetz und bildet einen Rotationskörper, die Moosfrucht, welche sich zuletzt in verschiedene Hüllschichten, Columella, äußere, innere Rindenschicht und die Sporenschicht differenzirt.

Als ein Hauptzug der Moosfruchtanlage ist anzusehen, daß sie nicht verzweigt ist. Nur sehr selten wird diese Neigung, welche sonst den Stämmen zukommt, dadurch documentirt, daß der Scheitel sich in zwei Theile gabelt, von welchen jeder mit einer Scheitelzelle eine Zeit lang weiter wächst. (M. f. KIENITZ, GERLOFF, Bot. Ztg. 36. Jahrg., Taf. III, Fig. 67.)

B. Herkunft der Antheridien und Archegonien.

Die Entwicklung aller Antheridien und Archegonien läßt sich zurückführen auf eine einzige oder wenige Oberflächenzellen. Für die Antheridien theilen sich diese durch mehrere Wände in eine Rindenschicht und die Mutterzellen der Spermatozoiden.

Wir erhalten für die vorliegenden Gruppen, wenn wir von der Spore ausgehen:

Moose — Spore: Protonema: beblätterte Pflanze: Antheridien und Archegonien aus Haargebilden.

Farrenkräuter — Spore: Prothallium: Antheridien und Archegonien aus den Randzellen des Prothallium.

Equiseten — Spore: Prothallium: ein Zweig des Prothallium wird zum Antheridium, eine Oberflächenzelle zum Archegonium.

Rhizocarpeen — die Mikrospore wird zum Antheridium, die Makrospore bildet ein Prothallium, das Archegonium entsteht aus einer Randzelle derselben.

Der gemeinsame Zug aller Antheridien liegt in der Bildung der Spermatozoiden. Diese entstehen, nachdem der Innenraum des Antheridium in einer größeren Anzahl (z. B. bei den Moosen bis gegen 20 000) oder kleineren Anzahl (z. B. Farren bis mindestens 16—20) Tochterzellchen aufgetheilt ist. In jedem Tochterzellchen entsteht ein einziges Spermatozoid durch freie Zellbildung. Zur Zeit der Geschlechtsreife steigert sich der Quellungsdruck derart, daß die Rindenzellen des Antheridium gesprengt werden, die Tochterzellchen treten außer Verband, entlassen die Spermatozoiden, an welchen noch eine hyaline Blase, f. Fig. 99, anhaftet. Die Mehrzahl der Spermatozoiden stellen Plasmafäden dar von charakteristischer Form, in der Regel sind sie Spiralen mit 2—3 Umgängen. Zahlreiche

Schraubenumgänge werden bei den Spermatozoiden der Marsilea angetroffen. Das Spermatozoid der Moose besitzt zwei endständige peitschende Cilien, Fig. 99 *I* und *II*, die Spermatozoiden der Farren und Rhizocarpen sind mit zahlreichen Wimpern an dem ganzen Schraubenkörper bedeckt. Das

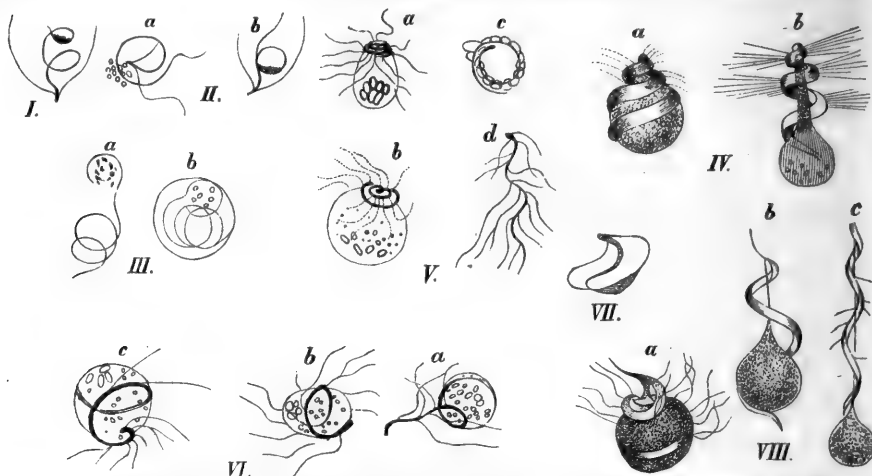


FIG. 99. Die Spermatozoiden der höheren Kryptogamen (nach Roze). *I* von *Atrichum undulatum*, im freien Zustande. *II* *a b* von *Mnium hornum*. *III* *Peltia epiphylla*, *a* in der Mutterzelle, *b* frei, noch mit dem Bläschen der Mutterzelle in Verbindung. *IV* *Pteris arguta*, *a* früherer, *b* späterer Zustand, die Spermatozoiden mit dem Bläschen in Verbindung. *V* *Pilularia globulifera*, *a b* noch mit dem Bläschen in Verbindung, *c* in rotirender, *d* in fortschreitender Bewegung. *VI* *Salvinia natans*, *a b* abnormales, *c* normales Spermatozoid. *VII* *Selaginella Martensii*. *VIII* *Isoetes lacustris*, *a* mit dem Bläschen in Verbindung, *b c* zum Theil frei in fortschreitender Bewegung.

Spermatozoid der Equiseten besitzt eine breite Flosse an dem hintern Theil des Schraubenkörpers. Die Spermatozoiden bewegen sich mit dem spitzen Theil des Schraubensandes voraus in Zickzackbahnen, während der Körper der Schraube die Bewegung eines Korkziehers beschreibt, Fig. 99 *IV b*.

C. Keimung.

Aus der schematischen Zusammenstellung, S. 46, geht hervor, daß die geschlechtliche Zeugung bei den höheren Pflanzen direct zur Keimanlage führt. Die Vorgänge der Zellenbildung, welche hierbei in Betracht kommen, spielen sich aber zunächst noch im Innern der Mutterpflanze ab.

Diese Keimung aus der befruchteten Eizelle (Ontogenese) muß aber von der Keimung der Zellen, welche die Propagation besorgen, unterschieden werden, die letztere vollzieht sich in den Verwandtschaftskreisen der Moose, Farrenkräuter, Equiseten und aller höheren Kryptogamen durch geschlechtslose Zellen, welche an vegetativen Organen abgeschieden werden (die Sporen).

Die Geschlechtspflanze ist der nächste Abkömmling der Sporenzelle. Sie ist herrschend in dem Verwandtschaftskreis der Moose, dagegen zu einem rudimentären Gebilde herabgesunken bei den Gefäßkryptogamen.

Bei den Laubmoofen wird sie durch einen vegetativen Körper, das Protomena, vorbereitet, welches in den Typus der Confervaceen zurückschlägt und geschlechtslos ist. Die Gefäßkryptogamen dagegen bilden flächenförmige Zellengebilde, deren Wachstum mindestens bei den Farrenkräutern Anschluß an den Typus der Pellien und Metzgerien zeigt. Dieses Prothallium ist die geschlechtererzeugende Pflanze.

§ 15. Moose (Musci)¹⁾.

In dem Formencyclus dieser Pflanzen kommt ein geringer Anschluß für den vegetativen Körper vor, zwischen den flachen Lagern oder Stämmen der Marchantieen, Pellia und Aneura einerseits und den Fucaceen und Florideen andererseits.

Die gemeinschaftlichen Züge der Entwicklung finden sich in der Entwicklung der Geschlechtsapparate und der Sporen. Wir können von der Mannigfaltigkeit in der Stellung und Gliederung derselben in den zahlreichen Familien absehen und uns an das Wesentliche des geschlechtlichen Vorgangs halten: das Antheridium entsteht an der vegetativen Moospflanze, an dem Lager der Marchantieen z. B. oder im Axillarsproß als einzellige Sprossung, Fig. 100 1. Die Anlage theilt sich durch eine Zellwand in eine Basalzelle und eine Knospenzelle, Fig. 100 2. In dem vorliegenden Falle wird die Antheridienknospe in den Stamm (das Lager) eingefenkt, dadurch, daß die Zone der benachbarten Randzellen wächst, Fig. 100 in 3 und 4. Die sphärische Knospe theilt periphere Zellen ab von centralen. Die cen-

¹⁾ HOFMEISTER, Vergleichende Unterf. der Keimung u. f. f. der höheren Kryptogamen. Leipzig. Fr. Hofmeister. 1851. — E. HAMPE, *Orthotrichum Drummondii*. Bot. Ztg. 43. Ueber Classification der Moofe. 297. 321. Bot. Ztg. 54. — W. P. SCHIMPER, *Dendropogon*, eine Gattung der Laubmoofe. Bot. Ztg. 43. — K. MÜLLER, Ueber die Laubmoosgruppe der Funariaceen. Bot. Ztg. 43. — E. HAMPE, Bryologische Notizen. Bot. Ztg. 46. — E. HAMPE und K. MÜLLER, *Andræa Heinemannii*. Bot. Ztg. 46. — K. MÜLLER, Ueber einige Arten der böhmischen Laubmoofe. Herausgegeben von Dr. Pösch. 404. Bot. Ztg. 46. Umbildung der Perichätialtheile der Laubmoofe. 619. Bot. Ztg. 48. — F. KIENITZ-GERLOFF, Ueber den genetischen Zusammenhang der Moofe mit den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. 705. 721. Bot. Ztg. 76. Unterf. über die Entwicklungsgesch. der Laubmooskapfel und die Embryo-Entwicklung einiger Polypodiaceen. 33. 49. Bot. Zt. 78. — C. WARNSTORF, Zwei neue europäische Moosformen. 478. Bot. Ztg. 77. — B. C. DU MORTIER, *Jungermannideae Europæae*. 49. 65. 81. 97. Bot. Ztg. 77. — J. B. JACK, *Hepaticae Europæae*. 49. 65. 81. 97. Bot. Ztg. 77. — LEITGEB, Unterfuch. über die Lebermoofe. Jena. Deitungs's Verlag.

tralen theilen sich wiederholt nach drei Richtungen, so daß eine große Anzahl von cubischen Zellen entsteht. Dieß sind die Mutterzellen der Spermatozoiden, f. Fig. 100. Dieselben werden zur Zeit der Geschlechtsreife durch den in Fig. 100 4 sichtbaren Canal ejaculirt.

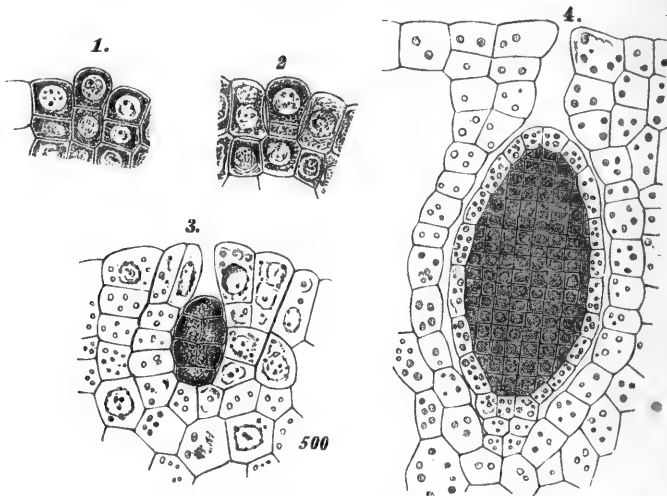


FIG. 100. *Marchantia polymorpha* (STRASBURGER, PRINGSH. Jahrb. B. 7). Entwicklungsreihe des Antheridium. 1 das Zellenwärtchen am Rande des Lagers wird in 2 zweizellig, in 3 mehrzellig von dem Lager umhüllt, in 4 fertig in die Rindenschicht und die cubischen Mutterzellen der Spermatozoiden differenzirt.

Die Entwicklung der Archegonien beginnt ebenso aus einer Randzelle des Lagers oder Stammes, Fig. 101 A. Der Körper modelt sich cylindrisch, später flaschenförmig, wächst im Beginn mit einer Scheitelzelle. Der Flaschenkörper bildet im Bauchtheil, Fig. 101 C, die Centralzelle, an welche eine Reihe von Canalzellen anschließt. Die untere, größere *h* wird zuletzt ausgestoßen, die obere zuerst resorbt. Der Hals *h* besteht aus 4–5 Zellenreihen, welche einen centralen Canal umschließen. A B C D gibt einen Ueberblick über die Entwicklung bis zum geschlechtsreifen und soeben befruchteten Archegonium, bei *s* eine Wolke von Spermatozoiden, von diesen dringen einige durch den Halscanal nach der Centralzelle. Ueber den Vorgang der nächst weiteren Differenzirung in der Centralzelle vor und kurz nach der Befruchtung gingen die Anschauungen der Forscher auseinander. HOFMEISTER beobachtete im geschlechtsreifen Archegonium vor dem Eintritt der Spermatozoiden eine deutlich differenzierte Keimkugel, «das Keimbläschen», welches durch freie Zellbildung aus dem Plasmakörper der Centralzelle entstanden ist. Stets kommt nur ein einziges folches Keimbläschen im Archegonium zur Entwicklung. Nach den Untersuchungen STRASBURGER's, welcher auch in der Entwicklung des Archegonium auf einige kleinere Abweichungen aufmerksam macht, öffnet sich zur Zeit der

Geschlechtsreife der Halscanal, nachdem die obere Kette von Canalzellen verflüßigt ist; die Canalzelle *b*, Fig. 101, tritt durch den Halscanal, erweitert durch ihre Quellung die Mündung desselben, bleibt als Schleimmasse vor derselben liegen. In ihr sammeln sich die Spermatozoiden und

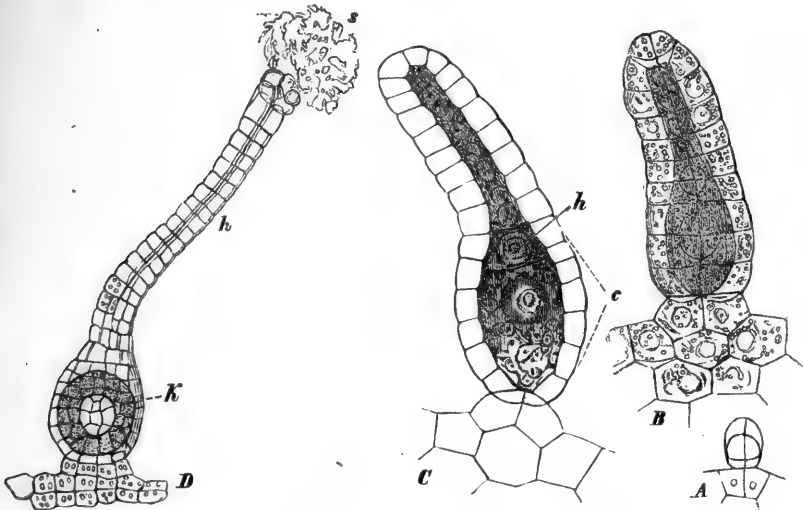


FIG. 101. *Marchantia polymorpha*. Entwicklungsreihe des Archegonium. *A* differenziert in die Rindenschicht des Halscanals und die Canalzellen. *B* weiteres Stadium, Anlegung der Centralzelle. *C* Geschlechtsreife, *c* Centralzelle mit großem Kern, *b* Canalzelle. *D* befruchtet eine Wolke von Spermatozoiden in der Mündung des Halscanales.

dringen in den Halscanal ein. Der Plasmaleib der Centralzelle stellt die Eizelle dar, welche sich nach der Entleerung der Canalzelle abruudet.

Als sexuelle Hauptwirkung sehen wir die Weiterentwicklung der Befruchtungskugel an. Eine sexuelle Nebenwirkung ist die Entwicklung des Archegonium und die Ausbildung der Perichätien, sowie die mächtige Wucherung des Stammendes, an welchem die Archegonien stehen, z. B. bei *Splachnum* und *Sphagnum*. Die Befruchtungskugel enthält eine plattische Membran und theilt sich bald in zwei Zellen, aus der oberen entwickeln sich die Seta und Kapfeln, die untere bleibt ungetheilt. Zuerst stellt der Fruchtkörper eine spindelförmige oder cylindrische Knospe dar, welche eine Zeit lang im Archegonium eingeschlossen bleibt. Diese wächst an ihrem Bauchtheil mit der Fruchtanlage zu beträchtlicher Größe, der Halscanal aber vergrößert sich nicht merklich. Endlich wird das Archegonium zerrissen, die Fruchtanlage differenziert sich in einen Fuß, welcher sich in den Stamm einfenkt, die Seta, welche sich streckt, und die Kapfel, welche den abgerissenen Theil des Archegonium als Mützchen (Calyptra) mit in die Höhe hebt. Die Basis der Seta und der Fuß stecken in dem unteren Theil des zerrissenen Archegonium der Scheide (Vaginula). Die Kapfel differenziert

die Sporen. Diese werden ausgestreut und keimen auf der Erde. Bis hierhin stimmen im Wesen der Sache alle Moose, mit Ausnahme der niederen Phascaceen, überein. In den feineren Zügen aber bestehen für die einzelnen Familien außerordentliche Abweichungen, welche in der systematischen Uebersicht zu betrachten sind. Die Moose sind in dem Hauptzug des geschlechtlichen Actes uniform, in ihrer vegetativen Gliederung aber außerordentlich vielgestaltig. Wir wenden uns daher zu den Haupttypen des vegetativen Körpers.

A. Flache Lager mit einer oder mehreren Scheitelzellen¹⁾.

Wir unterscheiden hier immer den jüngsten Ort, wo das Lager aus einer Zellschicht besteht in der Nähe der Scheitelzelle, Fig. 102, von

dem Theile, wo nachträgliche Theilung in dem älteren Orte das System mehrschichtig macht.

Dieses Wachstum läßt sich zunächst auf die Theilungen der Scheitelzelle, V^n Fig. 102, zurückführen. Diese scheidet wechselnd nach links und rechts die im Schema scharfer ausgezogenen Segmente ab. Mußte man diese von innen nach außen, so findet man, daß sich die Zelle zunächst in eine Randzelle M und eine Lagerzelle P theilt, links von

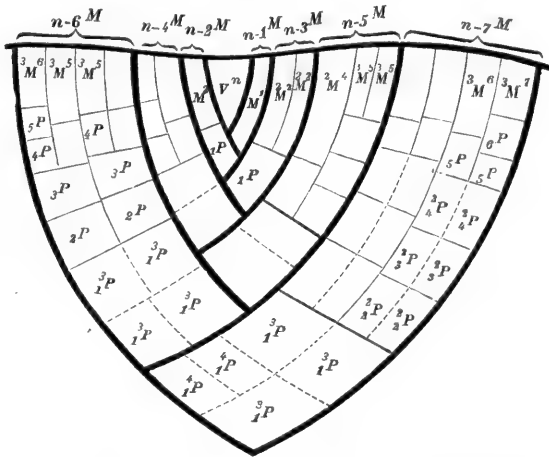


FIG. 102. Schema für Metzgeria und Aneura. V^n Vegetationspunkt; von dieser dreieckigen Zelle liegen nach der einen Seite die stärker ausgezogenen Segmente M_{n-1} , M_{n-3} u. f. f., nach der andern Seite M_{n-2} , M_{n-4} u. f. f. Die fortschreitende Theilung der Segmente erhält man, wenn man M_1 , M_2 u. f. f. vergleicht. Die ersten Theilungen sind mit dünnen ausgezogenen, die späteren mit punktierten Linien angedeutet. (KNY, Beitr. zur Entwicklungsgech. der laubigen Lebermoose. PRINGSH., Jahrb. Bd. IV, Taf. V.)

der Scheitelzelle liegen die Zellengruppen: M_{n-6} , M_{n-4} , M_{n-2} ; rechts dagegen: M_{n-7} , M_{n-5} , M_{n-3} , M_{n-1} .

Die Wachstumsform ist abhängig von der Anzahl der Theilungen und der nachträglichen Streckung der Tochterzellen. Die Scheitelzelle kann den Scheitel des Lagers wirklich beherrschen oder in einer Einbuchtung

¹⁾ Solche Gebilde finden sich als vegetative Körper oder geschlechtstragende Prothallien bei den verschiedensten Verwandtschaftskreisen von den Metzgerien und früher noch den Fucaceen durch die Marchantien nach den Farrenkräutern (Prothallium); sie verschwinden in dem rudimentären Prothallium der Rhizocarpeen.

deselben liegen. Die aufeinanderfolgenden Theilungen durch Wände, welche parallel den stärker ausgezogenen Bogen oder senkrecht zu diesen und parallel dem vorderen Rande stehen, können leicht aus den Zahlen und Buchstaben, welche im Innern der Zellen stehen, erschlossen werden. So sind z. B. im sechsten Segment, von innen gerechnet, 1P Zellen gleichen Alters. 1P war die erste Lagerzelle, welche 1P im zweitjüngsten Segment der Figur entspricht und an eine Randzelle M grenzte. Durch dreimalige Theilung sind vier Zellen entstanden. In gleichem Sinne lassen sich die consecutiven Theilungen in den übrigen Segmenten auffuchen.

Die Anlegung des Gabelastes (man vergleiche die Abbildungen unter Metzgerien weiter unten in der systematischen Zusammenstellung) geschieht in einem der jüngeren Segmente, seltener in der Scheitelzelle selbst. Das in Frage stehende Segment theilt sich zweimal durch gegenseitig geneigte Wände, nach der zweiten Theilung ist die Scheitelzelle des Gabelastes angelegt, Fig. 103. Die neue Scheitelzelle 3 führt nun rasch dieselbe Segmentirung aus, wie die erste, und die beiden Lappen divergiren bald unter spitzem Winkel.

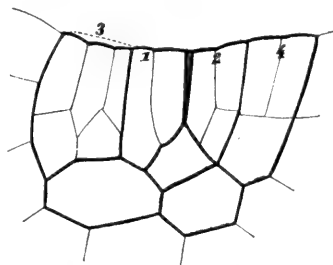


FIG. 103. *Metzgeria furcata*. Scheitelgruppe des Lagers, halbchematisch. Die stärker ausgezogenen Linien umgrenzen die zu einem Segment gehörigen Zellen, 1 2 die jüngsten Segmente. In 3 hat sich eine zweite Scheitelzelle gebildet, die zu einer unächten Dichotomie, vgl. S. 137 *Dictyota dichotoma*.

Nicht bei allen blattlosen Lebermoosen functionirt eine einzige Scheitelzelle, bei einigen Formen treten mehrere solcher auf, welche durch gemeinschaftliches Zusammenwirken, durch Theilungen, zunächst nach zwei zu einander senkrechten Richtungen in der Ebene das Lager oder den flachen Stamm weiterbilden.

Die flachen Stämme der Lebermoose wurzeln mit Haaren, welche dem Rande oder der Unterseite des Lagers entsprossen.

Für die systematische Eintheilung erhalten wir:

I. Classe: Hepaticae.

A. Blattlose flache Stämme oder rudimentäre Blätter, Frondosi.

B. Beblätterte mit einer einzigen Scheitelzelle wachsende Stämme, Foliosi.

II. Classe: Musci frondosi.

Beblätterte mit einziger Scheitelzelle wachsende Stämme, welche aus einem Vorkeim, Protonema, entsprossen.

Wir wenden uns zunächst zur I. Classe und behandeln die Gruppe A, vereinigen als nächst höhere Stufe wenigstens für die vegetative Gliederung die Abtheilung B mit der II. Classe.

Die Keimung der Sporen erfolgt sehr bald nach der Ausfaat. Möge hier die Spore von *Pellia epiphylla* gewählt sein, Fig. 104. Im Allgemeinen wird, nachdem das Exosporium gesprengt ist, eine Zelle oder Zellenkette ausgetrieben, welche sich bald in der Fläche theilt, unregelmäßige

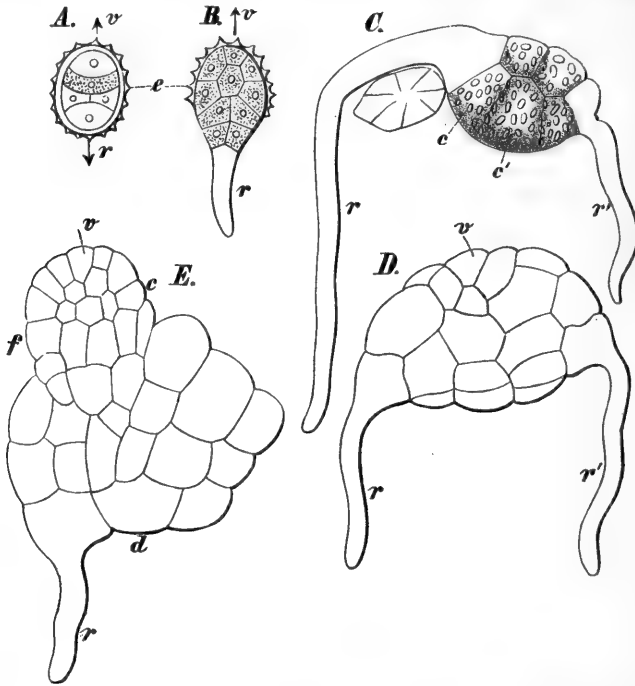


FIG. 104. *Pellia epiphylla*. A reife Spore. B ebenfolche drei Tage nach der Ausfaat, v Vegetationspunkt, r Wurzelsende. C D E hintereinanderbelegene Entwicklungszustände junger Keimpflanzen mit zwei Wurzelsenden und einem seitlichen Vegetationspunkt r, etwa 10 Tage nach der Ausfaat.

Zellenzweige oder Glieder bildet; das Pflänzchen wurzelt mit einzelligen Haaren. Bei *Pellia* ist die Spore schon vor der Ausfaat vielzellig elliptisch, Fig. 104 A, der eine Pol wird zum Wurzelhaar, der andere zum Vegetationspunkt des flachen Lagers, wenn nicht gerade, wie in der Figur 104 C dargestellt ist, die Spore in eine ungünstige Lage gerathen ist, so daß sie eine Seitenzelle zum Vegetationspunkt ausbildet, Fig. 104 D E.

Der erste Theil der Keimungsgeschichte der Lebermoossporen ist für die verschiedenen Gattungen schon sehr mannigfach (man vergl. HOFMEISTER'S vergleichende Untersuchungen).

I. Classe: Hepaticae.

I. Ordnung und Familie: Riccieen; einzige Gattung *Riccia*, MICH.

Der vegetative Körper dieser charakteristischen Moose ist ein flaches Lager, der Erde angeschmiegt, mit glatten Wurzelhaaren besetzt, oder im

Wasser fluthend. Das Wachsthum geschieht mit einer, feltener mit mehreren Scheitelzellen. Die Antheridien und Archegonien entstehen aus Oberflächenzellen, werden aber später durch die Bildung zahlreicher, senkrecht zum Lager orientirter Lamellen, welche durch wiederholte Theilung der Oberflächenzellen entstehen, sowie auch der Vegetationspunkt eingehüllt. Die Scheitelzelle dieser Lamellen besitzt bei *Riccia glauca* eine conische Papille, daher der Sammtglanz der Lager. Die Kapfel bleibt im Lager geschlossen, zeigt die geringste Differenzirung. Die Columella wird frühzeitig rebornirt. Sporen mit dickem warzigem Exospor, zu 12—20 in einer Kapfel. Jegliche Vorrichtung zum Ausstreuen der Sporen fehlt. *R. glauca* auf feuchten Aeckern. *R. natans* fluthend in Sümpfen, wurzelnd am trockenen Schlamm; dieses ausgezeichnete Studienobject zeigt Blattrudimente. Die Riccien sind vorzügliche, leicht zu beschaffende und leicht zu präparirende Studienobjecte. Das Lager bildet eingesenkte Brutknospen. (HOFMEISTER, Vergleichende Untersuchungen. Leipzig bei Friedr. Hofmeister 1851, S. 43 ff.)

II. Ordnung und Familie: Anthoceroteen; einzige Gattung *Anthoceros*.

Das Lager ist flach geschichtet, 12—20 Zellenlagen dick, unregelmäßig dichotomisch gelappt, jeder Lappen mit einer zweifchneidigen Scheitelzelle. Die Segmentfolge steht senkrecht zur Lagerfläche. In der Nähe der Scheitelzelle beginnt die Differenzirung in das Hautgewebe. Antheridien und Archegonien entstehen auf demselben Lager. Die Anlegung der Archegonien geschieht in der Nähe des Scheitels durch endogene Umbildung einiger Zellreihen, welche zum Halscanal werden, dieser erhebt sich nicht über die Lagerfläche. Seine Mündung liegt in deren Ebene. Die Centralzelle 2—3 Zellenlagen tiefer im Lager geborgen. Die Antheridien entstehen in der Nähe der Lagerfläche an der Oberseite aus den Grenzzellen eines Interzellularraumes, sie sind gestielt, von sphärischer Gestalt, mit einfacher Rindenschicht, von der peripheren Zellenlage bedeckt. Die befruchtete Centralzelle theilt sich nach der Umhüllung mit einer Membran durch eine zur Axe des Archegonium schief stehende Wand, bald durch mehrere Wände zu einem eiförmigen Körper, welcher einen breiten Fuß differenzirt, von welchem aus sich die cylindrische Kapfel differenzirt. Diese bleibt fast bis zur Anlegung der Sporen von dem in der Nähe der Kapfelanlage mächtig wuchernden Lager eingeschlossen, streckt sich später über das Lager, bis zur Länge von 2 cm. Sie ist differenzirt in eine 3—4 Zellenlagen starke Rindenschicht, eine einzige Lage von sehr großen Sporenmutterzellen und die Columella. Die Sporenbildung schreitet allmählig von der Mitte nach beiden Enden der Kapfel fort, daher alle Zustände der Theilung in der Frucht angetroffen werden können. Die Sporen sind Tetraëder. Zur Zeit der Reife spaltet sich die Rindenschicht in zwei

Klappen. Schleuderer fehlen (oder sind rudimentär), Brutknospen entstehen aus bestimmten Zellen in der Lagerunterseite endogen, in plasmareichen, sich theilenden Zellen. Der Complex von Zellen, welcher zu einer Brutknospe gehört, hebt sich außer Verband mit den Nachbarzellen, die Brutknospe sendet schon ihre Wurzelhaare durch das Lager nach dem Boden. *Anthoceros* lebt in kleinen Colonien an feuchten Orten, Aeckern, Bachrändern u. s. f., vorzügliches Studienobject für Zelltheilung (HOFMEISTER, a. a. O.). Die Bildung der Calyptra fehlt im strengen Sinn des Wortes den beiden vorstehenden Familien.

III. Ordnung: Marchantiaceen.

Diese Familie bildet in der Schichtung des Laubes und dem ersten Auftreten des deutlich differenzirten Hautgewebes eine plötzliche Steigerung in der Complication der inneren wie äußeren Gliederung. Hier tritt zum erstenmal die Epidermis mit (stabilen) Spaltöffnungen auf. Gemeinschaftliche Züge: das Lager ist flach dichotomisch, bis viele Centimeter lang, die Lappen bis mehrere Centimeter breit. Der Vegetationspunkt zwischen zwei halbkreisförmigen Lappen an der Spitze des Lagers eingesenkt, die Lager überziehen auf weite Strecken horizontale und lothrecht stehende Wände, feuchte Orte, Bachufer, Mauern in der Nähe der Mühlen u. s. f. Die Wuchsform charakteristisch dadurch, daß der Jahrestrieb des Lagers an Einschnürungen erkannt wird zwischen dem Trieb des einen und des nächstfolgenden Jahres. Wenn auch nicht bei allen, so doch gewiß bei der Mehrzahl der Marchantien kann das Lager zunächst als ein beblätterter Moosstamm aufgefaßt werden, welcher sich der Unterlage angepaßt hat. Dadurch übernahm der Stamm selbst mit seiner flachen Ausbreitung die Function der Blätter, welche nun zu rudimentären Schuppen herabfanken. Ihre Entstehung ist indeß streng akropetal, meist werden sie nur auf der Unterseite ausgebildet, entbehren des Chlorophylles (s. Fig. 105). In der Familie ist ein merkwürdiger Zug, dessen Analogie in den Pseudopodien der Sphagnaceen und Splachnaceen bei den Laubmoosen zu suchen ist, in allen Graden der Steigerung hervorragend: der Theil des Lagers, welcher die weiblichen Geschlechtsapparate entwickelt, sproßt zu einem besondern, auffällig gestalteten Zweige, welcher mehr oder weniger über das Lager hervorragt. Wählt man für die Entwicklungsgeschichte *Marchantia polymorpha*, als die Art, welche die Familie in ihren Eigenthümlichkeiten am stattlichsten vertritt, so findet man bei Untersuchungen im Frühling, daß der Fruchträger eine kleine, $\frac{1}{2}$ mm große Wucherung in der Nähe des eingesenkten Vegetationspunktes ist. Dieselbe ist von sphärischer Gestalt, parenchymatös und von unten her in die aufwärts gebogenen Schuppenblätter des Stammes eingehüllt. Aus den Oberflächenzellen der Unterseite entspringen die Archegonien und die Peri-

chätialblätter, welche die ersteren umgeben, das Archegonium wird Ende Mai befruchtet, noch ehe der Fruchträger seine volle Ausdehnung erreicht hat.

Etwas weiter rückwärts vom Vegetationspunkt entwickeln sich flache Scheiben aus dem Lager, welche zahlreiche eingefenkte Antheridien ent-

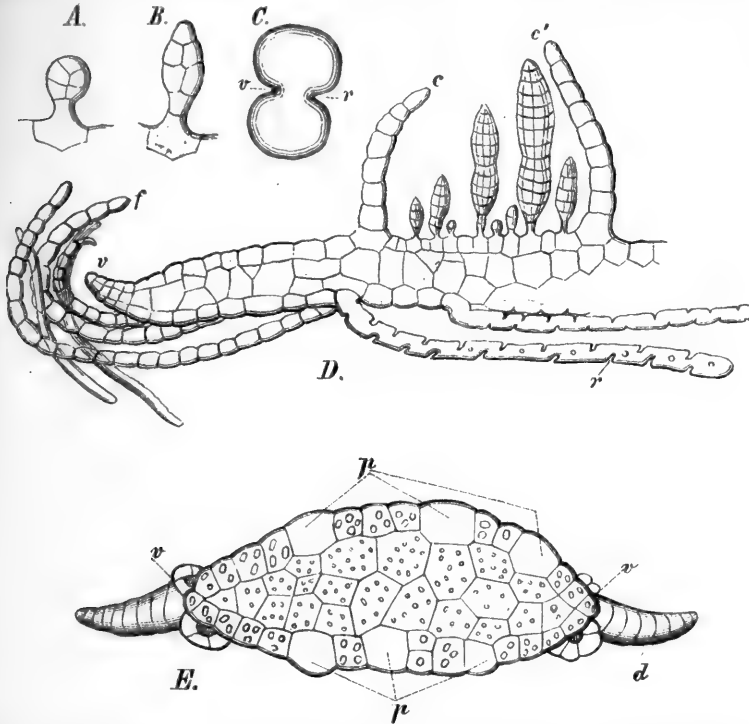


FIG. 105. *Marchantia polymorpha*. *A B* junge Brutknospe., *C* reife Brutknospe., schwächer vergrößert. *D* axiler Durchschnitt durch das Lager und einen Brutbecher *c c'*, *v* Vegetationspunkt des Lagers, *f* die Blätter, welche der Unterseite entsprossen und hakig über den Vegetationspunkt gekrümmt sind, *r* die Wurzelhaare. *E* Durchschnitt parallel der Richtung *v r*, Fig. *C*, durch eine Brutknospe, *p* Zellen, welche die Haare bilden, *v* die Vegetationspunkte.

wickeln, dieselben sind berindet, von sphärischer Gestalt. Im reifen Zustand ist die Scheibe in mäandrische Hüllen mit großen Lufträumen aufgelockert. Von jedem Antheridium führt ein intercellularer Raum nach der Lagerfläche, durch welchen die Ejaculation der Spermatozoiden erfolgen kann. Nach der Befruchtung streckt sich der Fruchtkörper zu einem mehrere Centimeter langen Stiel, an welchem der Hut in mehrere Strahlen differenziert schirmartig aufsitzt. Die Fruchtkanlage in den zahlreichen Archegonien differenziert sich in einen Fuß, eine kurze Seta und die Kapfel, das ganze Gebilde, nicht viel über 1–2 mm groß, ist fast eingeschlossen in die Perichaetialblätter. Bei den Marchantien kommt es zum Zerreißen der Archegonien, zur Bildung der Volva und Calyptra. Die Kapfel springt mit Spalten auf. Für die Verwehung der Sporen ist durch den freien Stand des Frucht-

trägers und die Lage der Kapsel auf der Unterseite des Hutes geforgt. Die Marchantien bilden (ganz regelmäßig *M. polymorpha* und *Lunularia vulgaris*) Brutbecherchen eigenthümlicher Art, dieselben machen sich im Durchschnitt durch den Scheitel des Lagers, etwa 20—30 Zellenlängen, also etwa 10—15 Generationen hinter der Scheitelzelle, als zunächst keffelförmige Vertiefung kenntlich. Die Initialen des Becherchens sind daher verhältnißmäßig nahe Verwandte der Scheitelzelle. Das Lager wölbt sich über der Vertiefung, in ihrem Boden entwickeln sich die Oberflächenzellen in verschiedener Altersfolge zu demnächst wenigzelligen, spindeligen Haarkörpern, die untere

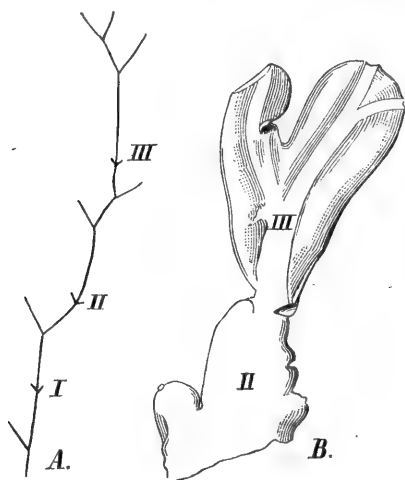


FIG. 106. Flaches Lager, welches den Erdboden in horizontaler bis lothrechter Lage überzieht, von *Marchantia polymorpha*. I II III Jahrestriebe in A schematisch.

mit dem Lager in Verbindung stehende Zelle bildet den Träger, die obere entwickelt sich durch Theilungen nach drei Richtungen zu einem flachen, grüngefärbten, vielzelligen Scheibchen, welches elliptisch, beiderseits eingekerbt, nach zwei zu einander senkrechten Richtungen symmetrisch ist. Das reife Brutbecherchen bei *Marchantia* kreis-, bei *Lunularia* halbmondförmig, 3—4 mm im Durchmesser, ist von zierlichen blattähnlichen Vorsprüngen bekränzt, offen, die zahlreichen Brutknospen können leicht herausgenommen werden. Sie keimen zu Marchantienlagern (nach 2—3 Tagen zeigt sich schon merklicher Zuwachs),

wenn sie auf feuchte Erde ausgefät werden. Sie sind junge Marchantienpflanzen, die ausgefäte Brutknospe verbreitert sich zunächst so, daß die beiden Einbuchtungen, *vr* Fig. 104 C, von einander entfernt werden.

Zu histologischen Eigenthümlichkeiten kommt es bei *Marchantia* und *Targionia* durch die Bildung von langen einzelligen Wurzelhaaren, mit zierlichen centripetalen Verdickungen. Im Innern des Hutes wächst ein Büschel solcher Haare, durch den Stiel nach dem Boden das Lager durchbrechend. Durch die Gegenwart der Spaltöffnungen und der zugehörigen luftführenden Interzellularräume erscheint die Oberfläche des Stammes weiß punktirt.

Von physiologischem Interesse ist die negativ geotropische Krümmung des Halscanals am Archegonium, derselbe krümmt sich an der hängenden Kapsel nach oben.

Die Systematiker bilden aus dieser interessanten Gruppe von Moosen drei Unterfamilien:

a) Lunularieen (*Lunularia vulgaris*), wie *Marchantia*, Kapsel ungefielt, Fruchtboden klein:

b) Targionieen, Kapselfn ungefielt, eingeschlossen zwischen den Blättern am Scheitel des flachen Stammes. *Targionia Micheli*, einzige Art bei uns;

c) Marchantieen. Am deutlich entwickelten Fruchträger mehrere Kapfeln, zwischen den Strahlen der letzteren, in Perichätien eingeschlossen, Kapfeln kurzgestielt, mit deutlicher Calyptra, in mehrere Klappen auffpringend, Elateren mit zwei Schraubenbändern vorhanden.

Grimaldia, Rebouillia, Fegatella, Preissia, Marchantia, zum Theil kalkliebend. Grimaldia und Rebouillia sonst an feuchten Orten (f. Systematik der Moose). Entwicklungsgeschichte, HOFMEISTER, a. a. O. S. 48 ff. Beitrag zur Kenntniß des Baues der Marchantienlager. Bot. Ztg. 1880.

IV. Ordnung: Jungermannieen.

In dieser Ordnung haben die Systematiker mehrere Gattungen vereinigt, welche im vegetativen Aufbau eher Anschluß an die Ordnungen I bis III haben. Sie theilen die Gruppe zunächst ein in: Frondosae, laub- oder lagerartige, und Foliosae, beblätterte Stämme.

A. Frondosae: Metzgerieae, Aneureae, Haplolaeneae, Diplomitricae, Codonieae.

B. Foliosae: a) Blätter oberflächlich: Jubuleae,
Platyphylleae,
Ptilidieae,
Trichomanoidae. b) Blätter unterflächlich: Geocalycae,
Jungermannieae,
Gymnomitria.

Die allgemeinen und fast durchgehends herrschenden Züge für beide Gruppen sind diese: der vegetative Körper, gleichgültig ob beblättert oder nicht, besitzt das Streben sich der Unterlage anzupaffen, diese mag horizontal oder lothrecht stehen. Diese Tendenz beeinflusst die Wuchsform bis zu den Theilungen im Vegetationspunkt derart, daß die Theilungsebene bei den Metzgerien und Aneuren in die Fläche des Lagers zu liegen kommt. Sie beeinflusst mindestens die Lage der im Spiral stehenden Blätter bei den Foliofen, welche, wiewohl um eine dreiseitige Scheitelzelle entstanden, sich in die Ebene des Lagers krümmen und in charakteristischer Weise decken.

Die Keimung der ein- und mehrzelligen Sporen verläuft so, daß nachdem das Exosporium durchbrochen ist, sogleich die Zellen zum Lager auswachsen, aus den Randzellen dieses werden sehr bald die Wurzelhaare als einzellige Cylinderzellen entwickelt, oder es bildet sich, so bei den beblätterten Jungermannien, ein vielfach unregelmäßig flächenförmiger oder ebenso verästelter Vorkeim, aus dessen Zweigen die Knospenanlage für die spiralig und regelmäßig beblätterte Pflanze hervorgeht.

Das Blatt der Jungermannien ist einschichtig, rippenlos, gelappt, eingefchnitten oder fiederig und buchtig gezahnt, stets bilden sich die Zellen der Blattfläche ohne Verschränkung und ohne auffällige Streckung in Richtung der Blattaxe nach allen Richtungen der Ebene gleichmäßig aus. Die Mittelrippe des Laubmoosblattes fehlt allen. Adventive Zweigvorkeime fehlen. Dagegen werden aus den Randzellen bei Metzgeria, Fig. 107, und Aneura sofort zur fertigen Pflanze heranwachsende Adventivzweige ausgebildet. Die Blätter und Zweigspitzen vieler beblätterter Jungermannien lassen ihre Zellen außer Verband treten zu kugligen Zellchen (Gonidien), welche keimungsfähig sind. Auffällige allgemeine Züge liegen in der Bildung des Perichætium, welches beiden Gruppen zukommt, und in der Ausbildung der Seta und Kapsel. Die Fruchtanlage (Anlage des Sporangium) ist bis auf den einzelligen Zustand rückwärts verfolgt. In dem Maße, wie die Differenzirung vorchreitet, bohrt sich der Fuß in die Axe der Pflanze. Das Perichætium wächst beträchtlich heran, umschließt die Archegonien als eine tütenförmige, mannigfach zerschlitzte Hülle, der Fuß erreicht eine größere Ausdehnung, die Seta ist durchaus aus reihenweise geordneten, flachen Zellen gebildet. Die Kapsel differenzirt sich früh kuglig mit einer Hüllschicht, welche später in Klappen zerreißt, unter dieser liegen die Sporenmutterzellen, der centrale Gewebestrang wird in Elateren umgewandelt.

Bei fast allen Jungermannien, Pellien, Aneuren ist die Kapsel in allen Theilen gereift, ehe die Streckung der Seta erfolgt. Diese tritt plötzlich ein, indem die tafelförmigen Zellen derselben innerhalb 24 Stunden rasch heranwachsen, die Seta wird zu einem glashellen, zartzelligen Cylinder von geringer Festigkeit, von 3, 4 bis 6 und 10 cm Länge, welchen der geringste Zug einknickt. Sehr bald erfolgt die Oeffnung der Kapsel und die Zerstreung der Sporen. Die Calyptra besitzt gegenüber den Laubmoosen, bei den Lebermoosen überhaupt, eine geringe Ausbildung in der Form. Es beruht dieß in dem abweichenden Verhalten der Kapsel. Die Seta der großen Mehrzahl der Bryinae ist lange Zeit, viele Wochen lang nackt exponirt, ehe überhaupt die Kapsel zur Entfaltung kommt. Dort schützt die Calyptra den nackten Scheitel der Kapselanlage. Der Entwicklung der Frucht entsprechend sind die Jungermannien an feuchte schattige Orte gebunden: feuchte schattige Waldorte, Erdanbrüche an Wegen, Hohlwegen, Anbrüchen von Lehm und Lösshalden. Wenige trockenhäutige Gattungen, welche die Rinde der Buche, Hainbuche, allgemein der borkenlosen Bäume besiedeln (*Radula complanata*). In pflanzengeographischer Hinsicht sind die Jungermannien zum großen Theil Schattenbewohner der Wälder, wenige gehen auf das Brachfeld hinaus oder über die Waldzone in den Alpen nach den lichten Flächen der hochalpinen Region.

Frondosae.

1^o Metzgerieen. Durchaus regelmäßige dichotomisch, f. Fig. 107 und 108, mit Wurzelhaaren flach der Unterlage angeflacht. Lager einschichtig. Das Wachstum wird mit einer einzigen Scheitelzelle vollzogen. Die Dichotomie ist eine unechte. Blätter fehlen vollständig, dagegen nehmen die in dem Segment stehenden Haare regelmäßige Stellung ein. Antheridien und Archegonien auf der Unterseite in rudimentären Perichätien, welche in der Nähe der mehrschichtigen Mittelrippe entspringen. In großen Raffen an Baumstämmen.



FIG. 107. *Metzgeria furcata*. v der Vegetationspunkt des Hauptproffes, C aus dem Rand entspringender Adventivproß. Die Mittelrippen der beiden stehen nicht miteinander in Verbindung. r randständige Wurzelhaare.

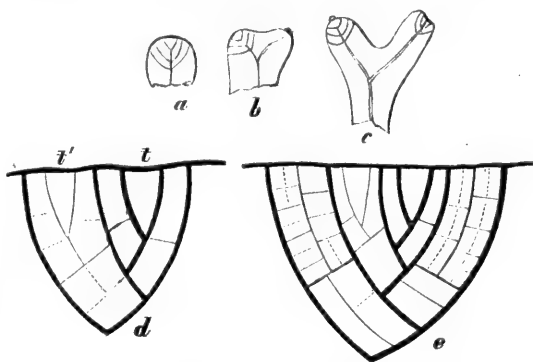


FIG. 108. a b c drei Zustände der Verzweigung, d und e Schema der Verzweigung im Scheitel der Metzgeria: man sieht, daß die zweite Scheitelzelle ein Descendent vom dritten oder vierten Grad der ersten ist, in d entsteht die Scheitelzelle t' im dritten Segment, nachdem dieses sich durch drei Zellengenerationen geteilt hat. (KNY, Beiträge u. f. f., PRINGSH. Jahrb., Bd. IV, Taf. 5.)

Große Formen im subalpinen Waldgebiet, fructificiren selten. (Ausgezeichnetes Studienobject für das Scheitelwachsthum: *Metzgeria furcata*.) Einzige Gattung, wenige Arten. (HOFMEISTER, a. a. O., KNY, PRINGSH. Jahrb. a. a. O.)

Die einzige Auszweigung höherer Ordnung ist das Haar, welches regelmäßig der Scheitelzelle fehlt, dem zweiten oder dritten Segment ebenso regelmäßig zukommt.

Von nicht geringem Interesse sind die adventiven Sprosse dieser geometrisch so streng gegliederten Pflanzen, sie demonstrieren, daß den Dauerzellen die Neigung, in den physiologischen Rang der Scheitelzelle überzugehen, nicht abhanden gekommen ist, indem sie durch Theilung eine Scheitelzelle abgliedern, welche dem Scheitel des Hauptastes vollständig gleich ist, Fig. 107.

Diese Adventivsprossen aber lassen eine merkwürdige Beziehung erkennen, darin, daß ihre Mittelrippe nicht in Verband mit der Rippe des Hauptproffes tritt. Das Streben, adventive Sprosse zu bilden, liegt aber nur in der Randzelle. Allen übrigen Nachbarn dieser nach dem Innern des Gewebes hin ist dieses Streben fremd.

2^o Aneureae. Der Stamm der Aneuren ist flach, blattlos, aus mehreren Zellenlagen geschichtet, unregelmäßig dichotomisch. Der Scheitel wächst mit mehreren Scheitelzellen, besondere Rippen werden nicht aus-

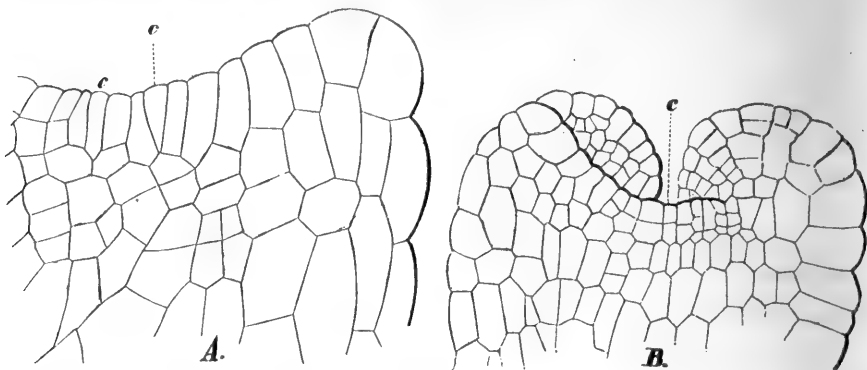


FIG. 109. Vegetationspunkte von *Pellia epiphylla*. A eine einzige Scheitelzelle *c* und B mehrere Zellen beherrschen den Scheitel des Lagers.

gebildet. Die Textur ist fleischig. Die Arten wachsen an feuchten Orten. Geschlechtsorgane an besonderen rudimentären Sprossen, nicht im Lager eingefenkt. Perichätium rudimentär. Die Aneuren sind diöcisch. Einzige Gattung *Aneura*, wenige Arten.

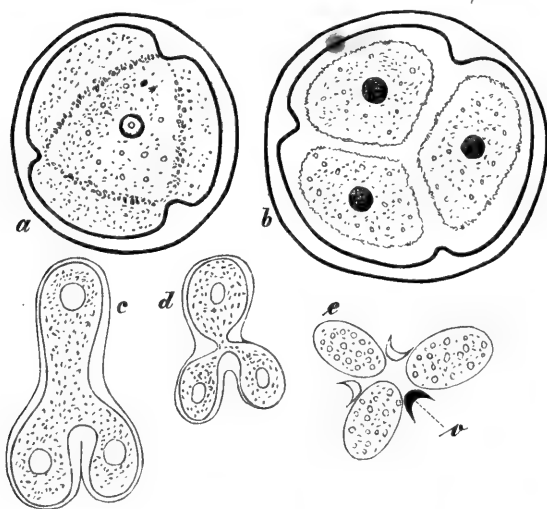


FIG. 110. *Anthoceros laevis*. Sporenmutterzelle in der Theilung. Entwicklung der Sporen: a die Sporenmutterzelle, b spätere Phase, c isolirte mehrzellige, d isolirte einzellige Sporen, e die Verdickung in der Schnürröhre.

3^o Haplolaenae. Das Lager dichotomisch flach, mehrschichtig, fettig grün. Der Scheitel wächst mit mehreren Scheitelzellen. Die Colonien dieser Pflanzen bilden z. Th. Halbrosetten oder Rosetten, Blasias, oder flache unregelmäßige Rasen, *Pellia*. Der Zuwachs des Lagers geschieht mit mehreren Scheitelzellen.

Bei *Blasia* werden Brutbecher in der Nähe des Vegetationspunktes auf der Unterseite des Stammes gebildet. Bei derselben Gattung finden sich auf der Unterseite des Stammes zwei Längsreihen von Blattrudimenten. Zu

den besten Studienobjecten über die Entwicklung der Kapfel und Sporen gehören die Arten der Gattung *Pellia*. Die Archegonien entstehen in der Nähe des Scheitels in einer Falte, welche durch die rudimentären Perichätialblätter mit dem flachen Stamm gebildet wird.

4° *Diplomitriaceae*. Der flache blattlose Stamm wächst dichotomisch mit mehreren Scheitelzellen, ist mehrfach geschichtet und besitzt eine mit den Zweigen gabeltheilige Mittelrippe. Antheridien und Archegonien auf der Oberfläche des Stammes, die letzteren in einem tütenförmig zerfchlitzten Perichætium. Einzige Gattung *Blittia*, ENDL.

B. Cylindrische beblätterte Stämme mit einer Scheitelzelle.

Hier kommen zwei Formenreihen in Betracht, die beblätterten Jungermannien und die Laubmoose, welche nach dem Habitus und der Entwick-

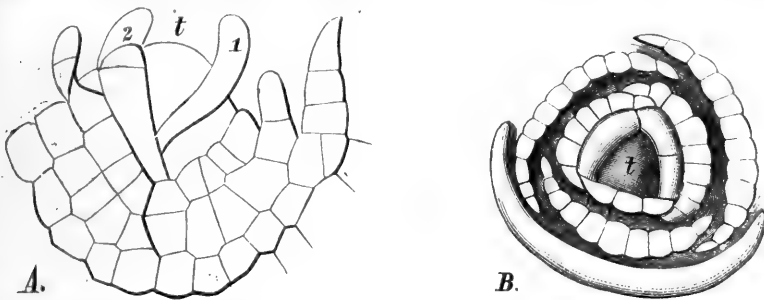


FIG. 111. *A* *Fontinalis antipyretica*. Längsdurchschnitt der Scheitelregion. *t* Scheitelzelle, vergl. Fig. 113, *1*, *2* die ersten blattbildenden Segmente. *B* Scheitelansicht des vegetativen Stammes von *Fontinalis antipyretica*. Die Scheitelfläche ist ein sphärisch-gleichseitiges Dreieck.

lung der Sporenkapfel sonst getrennte Ordnungen im System darstellen (f. S. 197). In dem Vorgang der vegetativen Gliederung haben sie den Zug gemein, daß die Stämme mit einer einzigen Scheitelzelle weiterwachsen, daß jedes Segment ein Blatt bildet.

Ein Durchschnitt, parallel der Axe, durch den beblätterten Moosstamm, Fig. 111 *A*, zeigt die dicht übereinander stehenden Basen der Blätter, *1*, *2* die jüngsten, soeben aus dem Segmente differenzirten, *t* die Scheitelzelle.

Im Querschnitt durch die Knospe erscheint die Scheitelzelle als ein Dreieck, Fig. 111 *B*, oder als ein sphärisches Zweieck, Fig. 112 *a b*. Die Segmentfolge läßt sich aus der Fig. 111 *B* leicht aus der Deckung der neun dort verzeichneten Blätter und der jüngeren drei Segmente erschließen. Nach der Divergenz $\frac{1}{3}$ schreitet die Spirallinie von außen nach innen, von links nach rechts fort.

Man kann sich die Function der Scheitelzelle und ihrer Abkömmlinge des ersten, zweiten u. f. f. Grades in diesem Sinne klarlegen. Verharren die Abkömmlinge längere Zeit in dem ruhenden Zustande, ohne feit-

liche Organe zu bilden, werden diese erst nach der Bildung zahlreicher Zellengenerationen differenziert, so wird auch die Segmentierung verwischt; geht

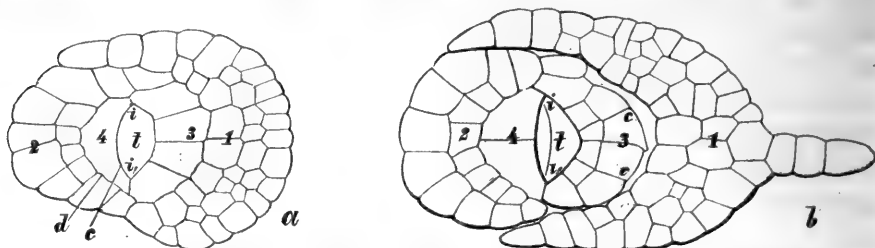


FIG. 112. *Fissidens taxifolius* (Musci frondosi). *a* Querschnitt durch die Knospe, 1, 2, 3, 4 die jüngsten Blätter im Querschnitt, *i* die Scheitelzelle, 4 das jüngste einzellige Segment, 3 besteht aus vier Zellen, das Blatt 2 ist bereits geschichtet, 1 besteht schon aus vier Zellschichten. *b* ebenso an dem äußersten, ältesten Blatt 1 ist bereits der am Rücken entspringende Flügel gebildet, welcher im oberen Theil des ausgewachsenen Blattes in die Blattfläche übergeht.

aber jedes Segment unmittelbar nach seiner Entstehung in die Bildung des seitlichen Organes ein, so wird auch die Segmentierung in der Nähe des Scheitels deutlicher.

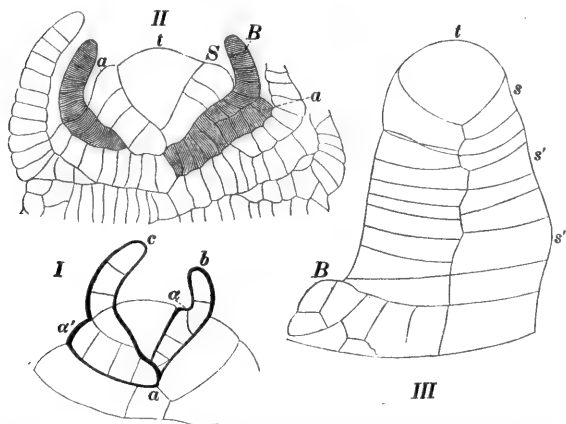


FIG. 113. I und II halbchematische Darstellung eines Längsschnittes durch die Knospe eines Laubmooses. In I sind zwei Zellencomplexe scharfer ausgezogen, um die Lage des Axillarsprosses zu dem Blatte festzustellen. Im jüngeren Segment *b* würde der Axillarspross in *a* an der Bauchseite des Blattes liegen. In *c* aber ist er so dargestellt, wie wenn er bei *a'* auf der Rückenseite des zugehörigen Blattes läge. In II, eine Copie nach HOFMEISTER, finden sich Zeichnungen, welche beide Deutungen zulassen. III schlanke Scheitelknospe von *Salvinia natans*, *s s'* die Segmente, durch wechselnd nach links und rechts geneigte Wände entstanden, *B* Blattanlage.

genau dreieitige Scheitelzelle hervor. Die Stellung $1/2$ bei *Fissidens*, Fig. 112, hat eine zweieitige Scheitelzelle zur Folge.

Das Segment *S*, Fig. 113, theilt sich sehr bald durch eine Zellwand in zwei Zellen, die untere gehört dem Stamm, die obere wird zum Blatt und wölbt sich bald als kleine Warze *B*, Fig. 113 II, über den Knospen-

Der Scheitel wird flacher, wenn die Entwicklung der Seitenorgane eine langsame ist. Er wird einsteiler Hügel, wenn alle Organe sich rasch strecken.

Bei den Moosen fehlt durchaus die Wirtelstellung der Blätter. Immer stehen diese in ungleichem Niveau nach $1/2$, $1/3$, $3/8$ u. f. f., dem entsprechend ist auch die Form der Scheitelfläche charakteristisch. Genau $1/3$ Stellung, Fig. 111 bei *Fontinalis*, *Meesea trifida* bringt auch eine

scheitel, in welcher die Theilung zunächst ebenfalls von einer Scheitelzelle eingeleitet wird (f. weiter unten).

Bei den untersuchten beblätterten Jungermannien entsteht das Segment, welches dem Axillarsproß Ursprung gibt, in der Achsel der Blattanlage, so daß die Lage schematisch durch den Complex *aab*, Fig. 113 in I dargestellt ist. Bei den untersuchten Laubmoosen aber ist (sehr wahrscheinlich bei allen) der Axillarsproß,

welcher in der Achsel eines gegebenen Blattes getroffen wird, ein Abkömmling aus dem Segment eines nächst höheren in der Orthostiche oder doch in einer sehr steilen Paraftiche belegenen Blattes, so daß die Lage durch *aa'c*, Fig. 113 in I, oder durch den schraffirten Complex in BII derselben Figur dargestellt wäre. In erster Linie muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß in dem letzteren Fall durch nachträgliche weitere Theilungen der Zellenabkömmlinge die Gewebe gebildet werden, welche das Internodium des Stammes darstellen. Dieses läßt sich in dem

halbschematischen Querschnitt durch die Knospe von *Polytrichum formosum*, Fig. 114, leicht überschauen.

Die hellen Zellencomplexe entsprechen den Infertionsflächen der Blätter, die dunkler schraffirten dagegen sind die Axillarsprosse. Die schraffirten Gewebecomplexe strecken sich und bilden die Antheridien und Archegonien. Es ist leicht ersichtlich, daß wenn dieses Moos, was in der That nicht der Fall ist, die Axillarsprosse ausbilden würde, das Blatt 10 seinen Axillarsproß aus dem Segment 7 erhielte, 9 aus 6, 8 aus 5 u. f. f. Allgemein das Blatt *n* erhält seinen Axillarsproß vom Segment $n-3^1$.

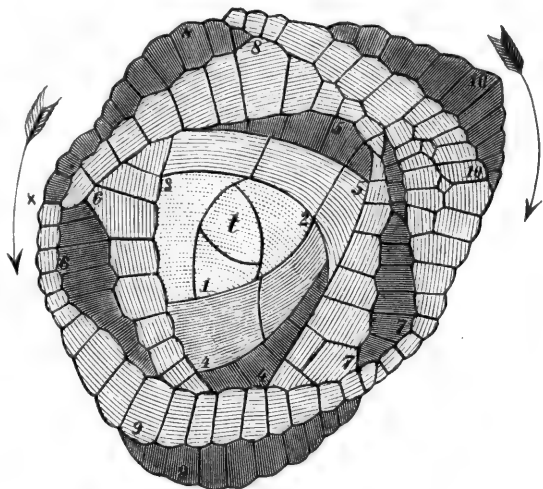


FIG. 114. *Polytrichum formosum*. Schema eines Querschnitts durch den Scheitel des beblätterten Stammes. *t* Scheitelzelle, 1, 2, 3 u. f. f. die Infertionsflächen der Blätter. Die schraffirten Theile der Zeichnung entsprechen den nach genauen mikroskopischen Aufnahmen zusammengestellten Axillarsprossen, beziehentlich den Orten, wo diese sich entwickeln würden. Dort entstehen die Antheridien und Archegonien der fruchtbaren Pflanzen. Der Pfeil zur Rechten verbindet die Blätter 10, 9, 8 u. f. f. bis 1, gibt also die Folge der Blätter ihrem Alter nach und nach dem kurzen Weg der $\frac{2}{3}$ Divergenz an. Der Pfeil zur Linken aber verbindet die Zellenketten continuirlich, f. Text.

¹⁾ KNY, Ueber die Axillarknospen der Florideen.

1. Entwicklung des Blattes.

Die Gestalt des Moosblattes ist verhältnißmäßig einfach, ursprünglich eine einfache Zellenfläche, elliptisch, kreisrund oder zugespitzt, mit zwei intercalar entstehenden Seitenflügeln, Fig. 115, oder ohne solche, je nach den Arten. Der Rand ist von einer gestreckten Zellenkette eingeschlossen oder nicht, gezähnt oder glattrandig. Außerordentlich selten werden gefiederte Blätter gebildet.

Alle Moosblätter lassen sich in der Entwicklung von einer einzigen Zelle herleiten, deren Querschnitt aus der Figur der jüngeren Segmente in den Fig. 111 bis 114 ersichtlich wird.

FIG. 115. *A* Blatt von *Dicranum*. *B* Blatt von *Plagiochila asplenioides*. *a a'* die basilaren stengelumfassenden Flügel in *A*. *a* das ober-, *b* das unterständige Blatt in *B*.

Die Theilungen in der Fläche werden aus der Figurenreihe 116 *A* bis *E* ersichtlich. In dem Zustand *A* hat eine geneigte Wand zwei Zellen abgetrennt. In *B* ist das System durch eine zweite entgegengesetzt geneigte Wand dreizellig. Von jetzt ab functionirt die Scheitelzelle *t*, indem sie wechselnd nach links und rechts neue Zell-

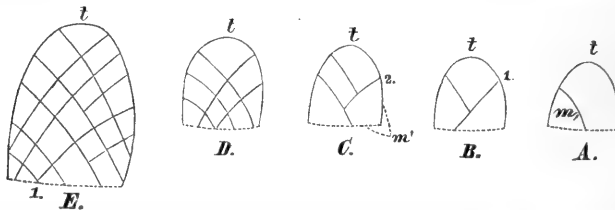


FIG. 116. Entwicklung des Blattes von *Sphagnum cymbifolium*. Das System *A* wächst und theilt sich durch wechselnd nach links und rechts geneigte Wände, die so abgetheilten Zellen theilen sich wiederholt durch Wände, welche den früheren parallel gehen. So sind in *B* zwei Segmente abgetrennt und es ist eine dreiseitige Scheitelzelle *t* übrig geblieben, in *C* sind drei Segmente gebildet u. f. f., in *E* beginnen die unteren Segmente ihre Theilung, welche nach Fig. 117 weiter zu verfolgen ist. (NÄGELI und CRAMER, Pflanzenphysf. Unterf. 1855.)

wände einschaltet, während das Gebilde an Größe zunimmt und die Reihe *A* bis *E* durchläuft.

Jedes Segment bildet nach dem für die Metzgeria erläuterten Schema noch Tochterzellen des ersten, zweiten Grades. Die Zellenabkömmlinge in der Blattfläche sind entweder unter sich, abgetrennt von denjenigen, welche am Rande liegen, oder denjenigen, welche die Rippe oder die seitlichen Flügel bilden, gestaltlich und functionell gleichwerthig, so in der Mehrzahl der Formen, oder es macht sich bereits eine physiologische Differenz geltend:

a) Differenzirung bei *Sphagnum*, Fig. 117. Jede der rhombischen Zellen theilt sich durch eine Wand, welche parallel der einen Seite des Rhombus geht, in zwei verschiedene, *t* und *u* Fig. 117, die letztere bildet nochmals

eine zu *t* ähnliche Zelle, parallel der anderen Seite des Rhombus. Die beiden neu entstandenen Zellchen führen Chlorophyllplasma und sind in ihren Wänden geschlossen. Die größere und in den Figuren weiß gezeichnete Zelle verliert endlich mit dem Heranwachsen des Blattes ihr Protoplasma, ihre Flächenwände erhalten große Poren und spiralförmige Verdickungen, sie führen Luft oder Wasser, je nach der Benetzung. Im ausgebildeten Zustande ist die Blattfläche aus diesen lang gestreckten Luftzellen zusammengesetzt, welche je von vier Chlorophyllzellen eingeschlossen sind. (Ein leicht zu beschaffendes Studienobject die Blätter von *Sphagnum cymbifolium*);

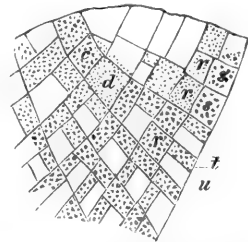


FIG. 117. *Sphagnum cymbifolium*. In einiger Entfernung vom Scheitel theilen sich die Zellen letzten Grades in zwei morphologisch und physiologisch ungleichwerthige Glieder *t* und *u*.

b) das mehrschichtige Blatt der Polytrichen und Barbulaarten, Fig. 118, bildet chlorophyllführende Zellen nur in Lamellen, welche durch nachträgliche Theilung der Randzellen auf der Oberseite entstehen, alle übrigen Zellen des Blattes enthalten das Chlorophyll.

Die Blätter sinken bei den Buxbaumien sammt dem Stamm zu Rudimenten herab. Fig. 119 ist der Durchschnitt des Stammes, welcher von einer halbreifen Sporenfrucht *Sb* bewohnt ist, bei *b* die untere Wurzelzelle der Frucht, *f* die rudimentären Blätter. Der Stamm ist ein fester unverzweigter Hohlkörper.

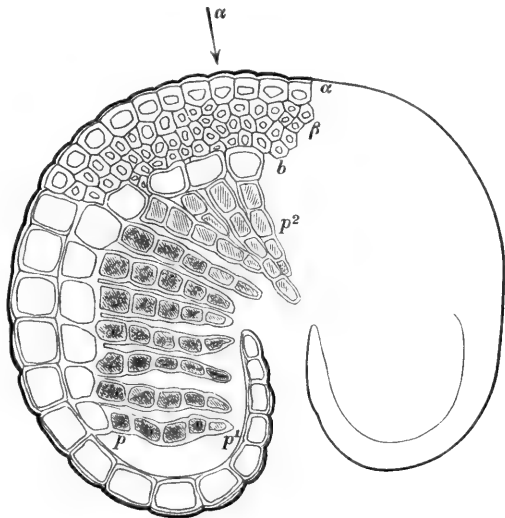


FIG. 118. Querschnitt des Blattes von *Barbula aloides* nach LORENTZ (in PRINGSH. Jahrb. VI). Die chlorophyllführenden Lamellen *p p¹ p²* entsprossen der Oberseite des Blattes, nachdem dieses in der Fläche fertig differenziert ist.

Die Systematiker benutzen für die Bestimmung der Gattungen und Arten der Laubmoose noch die folgenden histologischen Züge:

1° das Gewebe des Blattes ist parenchymatisch, d. h. die Zellen sind nach allen Richtungen nahezu von gleichem Durchmesser;

2° die Zellen sind prosenchymatisch, d. h. in einer zur Längsrichtung des Blattes wenig geneigten Richtung vorzugsweise gestreckt und faserähnlich mit ihren Spitzen in diejenigen der Nachbarzellen verschränkt; und es kommen noch weiter diese Eigenschaften in Betracht:

1° ein Hauptzug des Moosblattes ist das Fehlen der Haare auf der Fläche¹⁾, welche dem Blatte der höheren Pflanze eine so charakteristische Beschaffenheit geben. Es contrastirt dieß mit dem anderweiten Vorkommen der Haare, mit der gesetzmäßigen Stellung des Haares auf dem Axentheile



FIG. 119. *Buxbaumia aphylla*. Längsschnitt durch den Stamm und die in demselben eingefügte Seta *s*, *b* deren Basalzelle, *p* Wurzelhaare, *w* Wucherung der Basalzelle, *f* die Blättchen des Moosstammes.

des Segmentes bei Metzgerien;

2° das Blatt schichtet sich in der Richtung senkrecht zur Fläche, Neigung nach den höheren Blättern hin;

3° die Neigung, an der Basis zwei intercalare Wucherungen zu bilden (Flügel), Nebenblatttrudimente;

4° die Blätter der Jungermannien scheiteln sich in einer senkrecht zum Loth stehenden Ebene und gestalten sich ungleich: die Systematiker sprechen von oberflächtigen Blättern, wenn das obere Blatt größer ist als das untere; die Blätter sind unterflächig, wenn das untere Blatt das größere ist;

5° dem Moosblatte fehlt jedes Rudiment zu dem Blattstiele und damit jedes Rudiment zu dem Gelenke, durch welches

die periodischen Blätter der höheren Pflanzen mit einjähriger Dauer abgestoßen werden;

6° jede Anlage zur Bildung der Spaltöffnung fehlt auch bei den geschichteten Moosblättern.

2. Anatomie des Moosstammes.

Die sexuell wohl umschriebene Familie der Laubmoose zeigt in dem Charakter des Stammes auffällige adaptive Neigungen. Die parasite Adaption fehlt vollständig. Durch gesellschaftliches Beisammenleben, Rasenbildung aus-

¹⁾ Während umgekehrt die Stellung deselben bei den höheren Pflanzen auf der Blattfläche zunimmt, in der Knospenverjüngung aber zurücktritt. Das Haar der höheren Pflanze ist chlorophylllos; die Lamelle, Chlorophyll führender Zellen bei *Polytrichum* und *Barbula membranifolia*, steht damit in auffälligem Gegenfatze. Dem Moosblatte fehlt jedes Rudiment zur feineren Gliederung in Einzelblättchen, Blattfieder.

gezeichnet, sind die meisten in hohem Grade schattenertagend, ächte Bewohner des Waldbodens. Die Verbindung mit dem Boden wird bei allen durch Haare besorgt, jede adaptive Neigung der Stämme nach der Wurzelbildung hin, wie sie dem höheren Kreise der Gefäßkryptogamen zukommt, fehlt den Moosen.

Durch die Metzgerien mit dem Dictyotatypus im Wesen der Verzweigung verbunden, zeigen die Laubmoose in der baumartigen reichsten Gliederung des Stengels eine höhere Erhebungsstufe der Verzweigung.

In der Segmentirung der Scheitelzelle zeigt sie die höchste morphotische Differenzirung der Zelle.

In den negativ heliotropischen Stämmen der Jungermannien zeigt sich eine auffällige Adaption an das Licht.

Vor Allem aber in der Bildung der Axillarsprosse ist die adaptive Tendenz nach den perennirenden höheren Pflanzen gegeben.

Beachten wir in der vorstehend geschilderten Entwicklung am Scheitel die folgenden Vorgänge:

1° die Scheitelzelle bildet ein Segment, das Segment bildet einen:

- a) haartragenden Axentheil, Axillarsproß;
- b) ein Blatt;

2° die Scheitelzelle bildet periodisch:

- a) Zweiganlagen;
- b) Segmente von der vorstehenden Art;

3° die Scheitelzelle bildet periodisch:

- a) ein Segment, dieses bildet eine Scheitelzelle für das Blatt; und
- b) eine Zelle, welche zum Stamm gehört;

so wirft sich zunächst die Frage auf: welches sind die anatomischen Verhältnisse des ausgewachsenen Stammes?

In dem Laubmoosstamm kommt das erste Rudiment zu dem Fibrovasalsystem zum Vorschein¹⁾.

Der Querschnitt aller Laubmoosstämme zeigt eine dickere oder minder dicke Strangschicht in centraler Lage; auf diese folgt eine lockere paren-

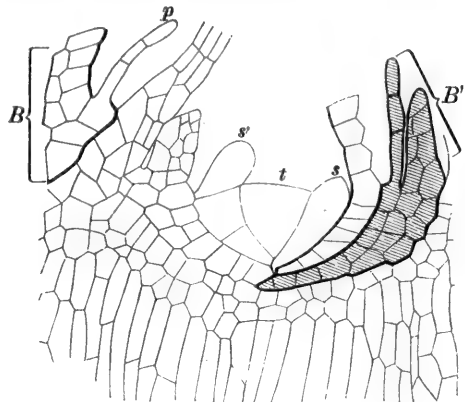


FIG. 120. *Polytrichum formosum*. Längsdurchschnitt durch die beblätterte Pflanze. *t* Scheitelzelle, *s* *s'* die jüngsten Blätter, *p* die Haare auf den axillaren Knospen. In *B B'* die Zellencomplexe durch Klammern zusammengehalten, welche auf ein Segment *s* zurückgeführt werden können. Unterhalb der Scheitelregion die gestreckten Zellen, welche dem ersten Gefäßbündelsystem entsprechen.

¹⁾ LORENTZ, PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. VI.

chymatische Schicht, in welcher in der Nähe der Scheitelregion, namentlich bei den stumpfkehligen, die Infertionsflächen der Blattbasen deutlich kenntlich sind (die Deuter nach LORENTZ, das beste Studienobject ist *Polytrichum*)¹⁾. Die Nerven des Blattes, im Allgemeinen ebenfalls aus langgestreckten Faferzellen bestehend, setzen sich als Blattspuren in die periphere Schale des Stammes fort, haben aber unter sich nicht den Anschluß in Parastichenlinien wie bei den höheren Gefäßpflanzen²⁾.

Bei den *Sphagnum*-arten ist das Blatt zwar rippenlos, in dem Stamm aber läßt sich der Beginn des trachealen Systems an cylindrischen, zugespitzten und mit Poren versehenen Faferzellen erweisen. Das Fibrovasalsystem der Moose unterscheidet sich somit von dem der höheren Pflanzen durch die rudimentäre Ausbildung der Blattnervatur und dadurch, daß die Blatthauptnerven, wiewohl sie in den Stamm eintreten, mit dem stamm-eigenen centralen Fibrovasalstrang nicht in Verbindung treten, auch dort sehr bald endigen. Bei *Polytrichum* lassen sich in tieferen Stammtheilen acht nach $\frac{3}{8}$ Divergenz und in verschiedenem Abstand vom Mittelpunkt belegene Spuren der rudimentären Gefäßbündel nachweisen, ganz entsprechend dem verschiedenen Abstand der Blattinfertion vom Mittelpunkt des Stammquerschnittes. Den Gefäßbündelrudimenten im Moosstamm fehlt jede Anlage zur dauernden Vermehrung; sie erfahren daher keinen Zuwachs.

C. Formenreihe der beblätterten Moose.

1. Entwicklung der Kapsel.

Um in der vorgesteckten Umgrenzung die Hauptzüge der beblätterten Moose darzulegen, müssen wir zurückgehen zu der im Archegonium befindlichen, soeben befruchteten und zur Ausbildung sich anschickenden Centralzelle. In dem Verhalten der Kapselanlage ihrer inneren Gliederung und in der Rückwirkung des geschlechtlichen Actes auf das angrenzende vegetative System machen sich die Hauptunterschiede der Familie geltend. Wir erhalten diese Züge:

a) Jungermannieen (Foliosae).

Die ursprünglich zweizellige Kapselanlage entwickelt aus der oberen Zelle einen sphärischen Körper. Derselbe wächst im Beginn durch wiederholte Theilung einer Scheitelzelle, differenzirt sich an der Basis in einen mächtig anschwellenden Fuß, welcher sich dem Stamm tief einfenkt, aber niemals mit demselben verwächst. Strangzellen fehlen. Die unteren Grenzzellen wachsen häufig zu kurzen, wurzelähnlichen, in den Stamm bis zu

¹⁾ Feinere Details in der ausgezeichneten Monographie von LORENTZ, a. a. O.

²⁾ Zu vergleichen Bd. I des Handbuchs, S. 313, Fig. 303 u. 304.

geringer Tiefe eindringenden Schläuchen aus. Die Seta differenzirt sich in außerordentlich regelmäßig parallel der Axe geordnete, zartwandige Zellenketten. Die Kapfel, meist kuglig, differenzirt sich in einen centralen und axilen Strang, welcher aus Spitzfaserzellen zusammengesetzt ist. Diese werden zu den Elateren und stellen zur Zeit der Sporenreife cylindrische Zellen dar mit schraubenliniger Verdickung auf der Innenseite. Der axile Strang ist umgeben von dem sporenbildenden Gewebe. Diese Gewebe sind von der Kapfelwand eingehüllt.

Alle diese Theile werden bei den foliosen Jungermannieen ausgebildet, bevor das Archegonium zerreißt; mindestens streckt sich die Seta nicht eher, bis die Kapfel in allen ihren Geweben differenzirt ist: der Seta fehlt jede Spur eines Stranges. Die Streckung erfolgt plötzlich, das Archegonium wird zerrissen, die Calyptra ist hinfällig und nicht so formenreich wie bei den Laubmoosen. Die Seta von geringer Festigkeit aus hyalinen, wasserreichen Zellen zusammengesetzt, welche rasch vertrocknen. Die Kapfel öffnet sich vom Scheitel nach der Basis in 4—8 Klappen. Die Sporen und Elateren werden frei. Das Perichætium ist häufig aus den Perichätialblättern zu einer glocken- oder tutenförmigen, mehr oder weniger gezahnten Hülle verwachsen (Unterschied von den Laubmoosen).

Die allgemeinen Züge der vegetativen Gliederung bestehen darin, daß der Stamm mit einer Scheitelzelle wächst, und daß aus dem Segment nach der dritten oder zweiten Theilung schon die Blattanlage als halbelliptisches, einzelliges Würzchen kenntlich wird. Die Scheitelfläche der Terminalzelle ist ein sphärisches Zweieck oder Dreieck, die Gestalt derselben somit eine verkehrt stehende Pyramide oder ein zweischneidiger Körper, dessen Grundfläche jenes nach dem Scheitel zeigende Zweieck ist.

Bei der Keimung der beblätterten Jungermannieen entwickelt sich die Sporenzelle, nachdem das Exosporium gesprengt ist, zunächst zu einem gegliederten Zellenfaden mit bauchig aufgetriebenen Zellen. Drei Wochen nach der Ausfaat sind erst wenige Zellen angelegt. Erst bei jährigen Pflänzchen fand HOFMEISTER für *J. bicuspidata* den vegetativen Körper als einen flachen Stamm; zwei Zellenlagen breit, 20—30 Zellenlagen lang mit deutlicher Scheitelzelle und den ersten rudimentären Blättern, welche in akropetaler Folge aus den Segmenten entstehen. Aus den Randzellen entspringen die Wurzelhaare.

Die Vorgänge am Scheitel sind weniger genau untersucht wie für die Laubmoose; sie sind insofern complicirter, als bei den Jungermannieen zweierlei Blätter sich differenziren, die der Ober- und Unterseite und die Nebenblätter. Soweit die Untersuchungen reichen (s. HOFMEISTER, a. a. O.) entstehen die Blätter jedenfalls in akropetaler und cyclischer (spiraliger) Folge und differenziren sich durch das Wachsthum einer Scheitelzelle aus

den Randzellen, welche durch ihre Theilungen den Breitenwuchs des Blattes veranlassen, entsteht die wenigzellige Ausfüllung von Zungenform, diese ist das Nebenblatt, welches den Stamm umfaßt, das Hauptoberblatt der *Frullania dilatata* ist breit elliptisch. Die Unterblätter derselben hier in Betracht gezogenen Art sind kleiner, zweitheilig gespalten, jeder Lappen zugespitzt. In dem ersten Anlagezustand sind alle Blätter gleich (experimentell müßte durch Umlegen der Rasen in der Cultur bestimmt werden, welches äußere Agens, Licht oder Schwerkraft, die Differenzirung der Ober- und Unterseite bewirkt). Die Geschlechtsapparate entstehen in der Region der Blätter und Seitenzweige, welche sich noch im Knospenzustande befinden. In keinem Falle sind ihre Initialen, soweit die Untersuchungen reichen, auf die nächsten Segmente der Scheitelzelle zurückzuführen.

Die beblätterten Jungermannieen sind durch eine Reihe von Uebergangsformen, z. B. *Diplolæna*, *Fossombronina* und vor Allem durch die zwei Reihen von Blättchen auf der Unterseite des flachen Stammes tragende *Blasia pusilla* mit den blattlosen verbunden. In unserem Florengebiet werden sieben Familien unterschieden:

I. *Ptilidieae*. Diese Familie zeigt gefiederte Blätter, deren Entwicklung ursprünglich auf eine Scheitelzelle zurückgeführt werden kann. Die Randzellen höherer Ordnung aber entwickeln sich zu Fiedern einfachsten Baues. Die Stämme bilden flache Rasen, bis zu drei und vier Ordnungen verzweigt. Die Kapfeln stehen an letzten Auszweigungen vierklappig, die Elateren mit zwei Schraubenbändern. — Zwei Gattungen: *Ptilidium*, NEES; *Trichocolea*, DUMORT.

II. *Jubuleae*. Die Stämme wachsen in flachen, wenig verzweigten Rasen. Die Blätter abgerundet, nach oben gewölbt, oberflächlich, ganzrandig, geöhrlt, Nebenblätter. Die Kapfeln an kurzen Seitenzweiglein öffnen sich mit vier Klappen; die Elateren besitzen nur ein Schraubenband. — Zwei Gattungen: *Lejeunia*, GOTTSCHKE; und *Frullania*, RADDI. Zum Theil baumbewohnend.

III. *Platyphyllaeae*. Der Stamm wächst auf der Rinde der Bäume in flachen, festanhaftenden Rasen, welche bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt sind. Die Blätter alle in die Ebene der Anheftung gekämmt, ganzrandig, oberflächlich, mit grünem oder bräunlichem Pigment. Die Kapfeln in den vegetativen Zweigen in der Nähe der Spitze oder am Perichätialzweiglein öffnen sich mit vier bis acht Klappen. Die Elateren enthalten zwei Spiralen. — *Madotheca*, DUMORT; *Radula*, NEES.

IV. *Trichomanoideae*. Bei diesen Lebermoosen bilden sich aus den vegetativen Seitenzweigen, indem der Stamm dieser sich streckt, fadenförmige Ausläufer und indem er allmählig sich zuspitzt, haarfeine, mit allmählig kleiner werdenden Blättern besetzte Kurztriebe. Die fertilen Aeste sind breitblättrig, bilden wenig verzweigte, lockere, erdbewohnende Rasen. Die Blätter sind oberflächlich, dreitheilig oder vielzählig, mehr oder weniger tief ausgefurcht. Die Kapfeln entstehen an Seitenzweigen auf der Unterseite der fertilen Aeste und springen mit zwei bis vier Klappen auf. Die Elateren enthalten zwei Spiralen. — *Mastigobryum*, NEES; *Lepidozia*, NEES; *Calypogeia*, RADDI.

V. *Geocalyceae*. Kleine, Ackererde bewohnende, kriechende, wenig verzweigte Rasen. Die Blätter sind rund, zweizählig, unterflächlich. Die Kapfeln in einem der

unteren Seite der Stämme entsprossenden Fruchtaft mit großem, trichterförmigem Perichætium eingefenkt. — *Geocalyx*, NEES.

VI. *Gymnomitria*. Die Stämme wachsen in lockeren, flachen Polstern oder Rasen, bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt. Die Blätter sind unterschlächtig, zweizählig, mit Nebenblättern. Das Perichætium ist rudimentär. Kapfeln in der Nähe des Scheitels des tragenden Zweiges. — *Alicularia*, *Sarcoscyphus*, CORDA.

VII. *Jungermannien*. In dieser formenreichen Familie sind die Stämme zwei- oder dreizellig beblättert, dichte oder lockere Rasen bildend, bei gleichwohl geringer Ordnungszahl. Die Blätter sind unterschlächtig, ganzrandig oder gespalten, mit Nebenblättern, welche selbst wiederum gespalten, zwei- bis dreilappig sind. Die Kapfeln in der Nähe des Scheitels der Aeste oder Zweige vierpaltig. Die Elateren meist mit zwei Schraubenhändern. — *Lophocolea*, *Lioclæna*, *Sphærocetis*, NEES; *Chiloscyphus*, CORDA; *Jungermannia*, L.

b) Laubmoose.

Entwicklungsgeichtlich ist für die Laubmoose im Gegensatz zu den unter *a* beschriebenen Vorgängen in erster Linie dieser für die höheren Formen allgemeine Zug in Betracht zu ziehen: der geschlechtliche Act bei der Befruchtung des Archegonium erstreckt sich auf die Theile desselben, welche durch die heranwachsende Kapfelanlage durch Zerreißen getrennt werden, viel intensiver. Die Calyptra mindestens erhält bei vielen eine ganz auffällige Weiterbildung, so z. B. bei *Polytrichum*, *Encalypta*, *Orthotrichum*. Auch in der Form, welche durch das Zerreißen hergestellt wird, herrscht eine größere Mannigfaltigkeit von der cylindrisch glockenförmigen Hülle bis zum schiefen, die Kapfel nur einseitig bedeckenden Mützchen bei *Dicranum*.

In ganz anderem Sinne macht sich der Nebeneffect des sexuellen Actes hier noch geltend. Es können drei Stufen hier unterschieden werden:

1^o die Fruchanlage entwickelt sich zur reifen Kapfel ohne weitere Differenzirung, als bis zur Bildung der doppelten Wand des Sporangium, der Columella und der sporenerzeugenden Schicht. Das Archegonium zerreißt nicht, folgt also der sehr beträchtlichen Volumvergrößerung der Fruchanlage, dieß kommt bei *Ephemerum* vor;

2^o das Archegonium wächst bis zur Differenzirung der Initialgewebe für die Kapfel, zerreißt lange vor der Ausbildung der Kapfel; die Calyptra entwickelt sich weiter, bedeckt im Beginn den Scheitel der Seta. Dieser Modus wird von einer großen Anzahl der höheren Moose eingehalten;

3^o die Seta bleibt verkürzt, rudimentär. Dagegen wirkt die Befruchtung auf den Scheitel des Zweiges zurück, welcher das befruchtete Archegonium trägt. Dieser entwickelt sich zu einem blattlosen, cylindrischen, am Ende durch die Wucherung des Kapselfußes mehr oder weniger angeschwollenen Körper von bis 3—4 cm Länge (das Pseudopodium). Hierhin gehören drei Gattungen, welche sonst ganz geringen genetischen Anschluß

haben: *Andræa*, *Sphagnum* und *Splachnum*. — Die Perichätialblätter der Laubmoose sind getrennt und gegenüber den Laubblättern schwächer entwickelt.

I. Entwicklung der Kapsel bei den Jungermannien und Laubmoosen.

Das Archegonium der Laubmoose unterscheidet sich im Allgemeinen von demjenigen der Lebermoose durch einen langen Halsanal.

Das Antheridium ist bei den beblätterten Lebermoosen meist ein sphärischer Körper, welcher durch die Theilung der Basalzellen an einem Stiele sitzt, welcher oft die Länge des Antheridium überwiegt. Diese Form geht mit bis zu den Sphagnen.

Die Antheridien der Laubmoose sind im Allgemeinen spindelförmig oder ellipsoidisch, sitzend oder an dem verschmälerten Basalende wenig gestielt.

Die Geschlechtsorgane der Laubmoose beeinflussen den Scheitel des tragenden Sprosses mehr oder weniger vollständig derart, daß der Vegetationspunkt desselben eingeht, wiewohl die Archegoniumanlage immer auf eine feitliche Haarausziehung zurückgeführt werden kann. Bei den Polytichen aber bleibt derselbe thätig und durchwächst den Perichätialkreis nach der Befruchtung, mindestens bei den männlichen Pflanzen.

Was die gröberen Verhältnisse der Gliederung in der Kapsel angeht, so machen sich diese Züge geltend: die Kapsel der Jungermannien besitzt nur eine einfache Außenwand, und statt eines massiven axilen Gewebefranges, der Columella, entstehen die dort später isolirten Spiralzellen (Elateren). Bei allen Laubmooskapseln, auch den der niedriggegliederten (z. B. *Archidium*, *Ephemerum*, *Phascum*), ist die Kapsel von zwei Mänteln umgrenzt, und eine centrale Säule, Columella, bleibt mindestens bis zur Sporenbildung erhalten. Nach der Ausbildung der Kapsel wird das System eingetheilt:

I. Schizocarpi.

Spaltfrüchtler. Die Kapsel öffnet sich durch Längspalten. Anschluß an die Lebermoose: *Andræa*.

II. Cleistocarpi.

Die Kapsel bleibt geschlossen. Ein Deckel oder Klappenapparat wird nicht differenzirt: Phascaceen, Pleuridiaceen.

III. Stegocarpi.

Deckelfrüchtler. Die Kapsel öffnet sich zur Zeit der Sporenreife mit einem Deckel (Operculum).

Für die Entwicklungsgeschichte wählen wir den Typus der Stegocarpi. Es ist alsdann in dieser mindestens die Entwicklung der Cleistocarpi enthalten.

Die Segmentirung in der heranwachsenden Fruchtanlage läßt sich von dem Scheitel durch den ganzen Fruchtkörper leicht erkennen. Die Kapsel differenzirt sich spät von der Seta. In ihr herrscht die Viertelheilung. Ur-

früherlich läßt sich die Kapfel von mehreren zweizellig geordneten Segmenten herleiten. Diese theilen sich durch eine Reihe von Wänden, welche in radialer und tangentialer Richtung eingeschaltet werden, so daß bald ein Rotationskörper entsteht, dessen Querschnitt namentlich in dem oberen Theil durch ganz regelmäßige Einschaltung neuer Zellenwände in der Progression 4, 8, 16, 32, 64 u. f. f. wächst.

Die Differenzirung schreitet nun in diesem Sinne fort: der obere Theil des Rotationskörpers, ein flacherer oder steilerer Kegel, unterscheidet sich

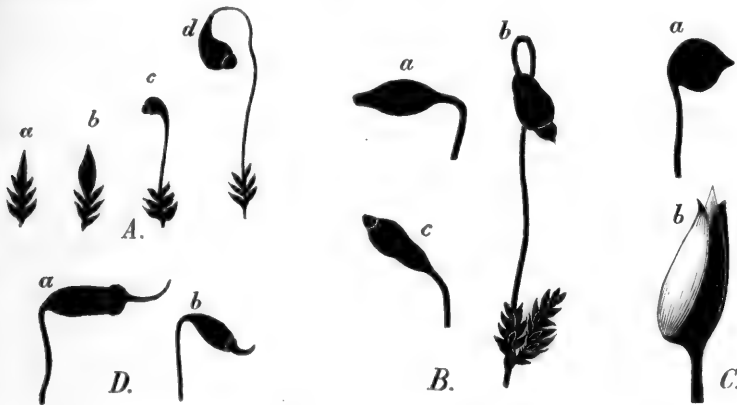


FIG. 121. Verschiedene Entwicklungszustände der Laubmooskapfel. A. Entwicklungsreihe von *Funaria hygrometrica*. B. *Bryum nutans*. C. *Batramia pomiformis*, b. *Buxbaumia aphylla*. D. *Dicranum scoparium*.

von dem unteren Theil durch eine frühzeitig differenzierte Ringzone, in welcher später der Riß erfolgt, durch welchen die Kapfel geöffnet wird. Die Kapfel differenziert sich in ein Exosporangium und das Endosporangium; das erstere ist ein Zellenhohlkörper, in dessen Basis das Endosporangium befestigt ist. Dieses ist wiederum gegliedert in die äußere Wand von Zellen, sodann folgt die sporenerzeugende Zellschicht und dann die Columella, eine centrale Säule von indifferenten vegetativen Zellen. Das Endosporangium ist bei den höheren Moosformen von der Wand des Exosporangium durch einen großen Intercellularraum getrennt, durch welchen zahlreiche Zellengliederfäden verlaufen (die Zellen dieser führen Chlorophyll), welche die Wände der beiden Sporenfäcke verbinden. Dieser Raum ist wenig ausgebildet bei den Cleistocarpen, welche die untere Stufe der Entwicklung darstellen, bei diesen fehlt ebenfalls die vorerwähnte Ringzone und die weitere Differenzirung im Innern des Deckels. Die Kapfel ist mit der Bildung der Sporen in ihrer Entwicklung abgeschlossen. Hier sind zwei Unterstufen zu erkennen:

- A. die Columella bleibt erhalten: *Ephemerum*, *Phascum*;
- B. die Columella wird vor der Sporenreife reforcirt: *Archidium*.

In der oberen Stufe der Entwicklung bei den Stegocarpen (Deckelfrüchtlern) wird jenseits der Ringzone, in welcher sich der Deckel ablöst, der Deckel und das Diaphragma differenziert. Um diesen Vorgang zu erschließen, fertigt man an den großen halbreifen Kapseln von *Dicranum*, *Bryum*, *Mnium*, *Funaria* am besten Quer- und Längsschnitte durch den Deckel und die ganze Frucht.

Wir betrachten zunächst den Längsschnitt. Innerhalb der ersten oder zweiten Zellenlage verdicken sich zwei mehr am Rande liegende Zellreihen in außerordentlich gefetzmäßiger Weise an einer Wand. Diese Zellstoffleisten verschmälern sich nach der Spitze des Deckels, entsprechend dem allmähigen Kleinerwerden der Zellen. Dies ist die Anlage des einfachen Peristoms (Mündungsbefatz); erstreckt sich die Verdickung auch auf die entgegengesetzte Wand, so entsteht das doppelte Peristom (man unterscheidet das innere und äußere Peristom). Dieselbe Anordnung erscheint im Querschnitt; hier erkennt man eine Ringzone von 4, 8, 16, 32, 64 Zellen, je nach den verschiedenen Gattungen, in welchen die Verdickung gebildet wird. Die Zellstoffleisten bilden zusammen einen Kegel. Alle Gewebe und Zellenplatten zwischen diesen Leisten werden vor der vollendeten Reife der Kapsel resorbiert. Die 4, 8, 16, 32 u. f. f. Zellstoffleisten trennen sich zu ebensoviele Zähne, welche, nachdem der Deckel abgesprungen ist, an der Mündung der Kapsel hervorragen. Bei einigen Gattungen befindet sich in der Rißstelle von Kapsel und Deckel ein Ring von elastischen, stark verdickten Zellen. Das Aufspringen der Kapsel wird durch Spannung ungleich stark austrocknender elastischer Gewebe erreicht (f. Bd. I., S. 299).

Die Zähne des Peristom sind hygroskopisch, sie krümmen sich nach der Axe der Kapsel zu im trocknen Zustande und strecken sich im nassen.

Bei einigen Moosfrüchten ist die Mündung, nachdem der Deckel abgeworfen ist, durch eine Gewebeplatte, das Diaphragma, geschlossen, z. B. *Polytrichum*; auch diese wird endlich abgeworfen, so daß die Sporen austretend werden können.

II. Nebenorgane und Nebenwirkung der Befruchtung.

Zu den Nebenorganen gehören die Paraphysen, deren Bedeutung nicht bekannt ist. Sie sind gegliederte Zellenketten, welche als Haargebilde in der Nähe der Archegonien entstehen. In der Herkunft sind sie daher nahe Verwandte der ursprünglichen Oberflächenzellen, aus welchen die Archegonien entstanden sind. Als Nebeneffect muß die Ausbildung der vegetativen Blätter angesehen werden, welche im Scheitel des geschlossenen Zweiges vor der Befruchtung angelegt waren, nach der Befruchtung in der Gliederung und Textur von den Laubblättern abweichen und als *Perichætium* bezeichnet werden. Sodann aber ist die Ausbildung der Vaginula und Calyptra,

jener beiden Bruchstücke des Archegonium, als ein Nebeneffect anzusehen, sowie auch die Anschwellung der Fruchtzweige, die Ausbildung der Pseudopodien bei *Sphagnum* und *Splachnum* hierher zu rechnen find.

c) Keimung der Laubmoofe (man vergl. oben S. 100 und Fig. 45).

Die Keimung der Moossporen führt zunächst zur Bildung eines algenähnlichen Körpers. Bei allen unterfuchten Moosen, mit Ausnahme von *Sphagnum*, wo ein flächenförmiger Vorkeim aus der Spore *s*, Fig. 122, gebildet wird, ist das Protonema nach dem Typus der verzweigten Cylinderketten gebaut. Daselbe documentirt einen auffälligen Rückschlag nach dem Algenstamm.

Die Keimung der für alle Moofe einzelligen Sporen erfolgt wenige Tage nach der Ausfaat. In der künstlichen Cultur fät man die Sporen am besten in kleinen Behältern, welche mit Filtrirpapier ausgelegt sind, aus. Diese werden befeuchtet und in einem kleinen Treibhause aufgestellt.

Das Exosporium wird zunächst durch das wachsende Endosporium zer-rissen. Das letztere bildet einen cylindrischen Zellenfaden mit Chlorophyllkörnern, welcher sich verzweigt, *pt* Fig. 123. An den Seitenzweiglein entstehen die beblätterten Pflanzen durch vegetative Theilung einer Zweigpapille, welche sich durch eine Querwand von dem tragenden Ast abgegliedert hat. In dieser sphärischen Zelle wird durch wechselnd nach rechts und links oder nach drei Seiten geneigte Wände bald eine Scheitelzelle gebildet, welche nun so functionirt wie die Scheitelzelle im Moosstamm (f. oben S. 208). Die Protonemen der höheren Moofe sind nach der Anlegung der beblätterten Pflänzchen bald vergänglich. Bei *Ephemerum* dauern sie ein Jahr aus und

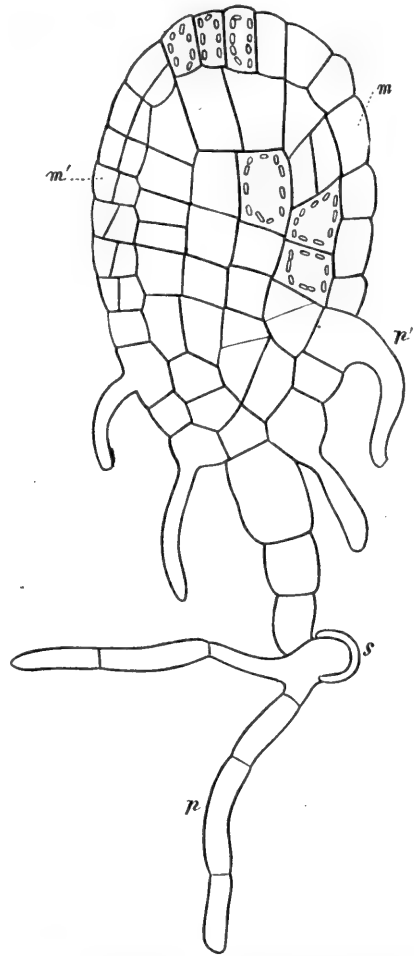


FIG. 122. Protonema von *Sphagnum cymbifolium*. *s* das Exosporium, von ihm aus entspringt zunächst ein Zellgliedfaden von drei Zellen, ehe die Verbreiterung des Lagers durch Zelltheilungen in der Fläche erfolgte, *p p'* Wurzelfäden, *m m'* auffällige Randzone. Die Chlorophyllkörner sind für einige Zellen angedeutet.

werden noch in Verbindung mit der halbreifen Kapsel angetroffen. An dem Protonema, Fig. 123, sind drei Moospflänzchen entwickelt, zwei männliche *m m'* und ein weibliches *f*. Eine eingehende Untersuchung über die Sporen- und Zweigvorkeimung verdanken wir MÜLLER (Thurgau)¹⁾. Die Resultate derselben sind hier zusammengestellt:

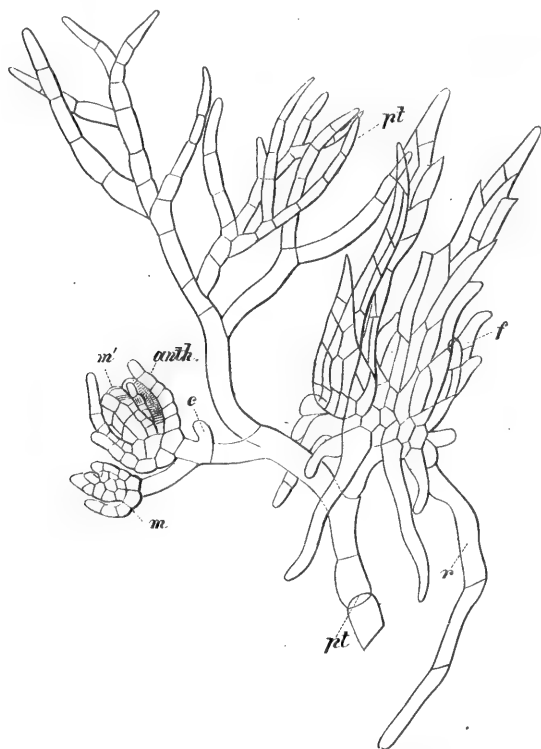


FIG. 123. Ephemerum serratum (Laubmoose). *pt* Protonema-Ast mit Auszweigungen bis zur vierten Ordnung, die unteren Zweiglein erster Ordnung sind beblätterte Moospflänzchen, *f* das weibliche, *m* zwei männliche, *anth* die Antheridien.

«1^o der Sporenvorkeim¹⁾ bereitet den complicirten Bau des Moosstammes vor;

2^o die ausgebildete Pflanze kann wieder zur Bildung eines solchen vorbereitenden Gebildes zurückgreifen und die Zweigvorkeime hervorbringen;

3^o Sporenvorkeime und Zweigvorkeime sind morphologisch und physiologisch gleichwerthig und zeigen sowohl in ihrem anatomischen Bau als auch in ihren Verzweignungsverhältnissen wesentliche Uebereinstimmung mit dem Moosstamm.

Eine Gliederzelle der Vorkeim-Hauptaxe entspricht einem Segmente des Moosstammes.

Das Segment des Letzteren wölbt sich nach außen zum Blattwulst vor; dasselbe thut auch das gestreckte Segment des Vorkeims in seinem oberen Theil und bildet so die Papille (f. Fig. 45, S. 100). An beiden Orten tritt eine Längswand auf, hier die Papillarwand, dort die nach LEITGEB genannte Blattwand. Papillarwand und Blattwand haben dieselbe Bedeutung. Sie theilen das vorgewölbte Segment in zwei Zellen, eine innere, die nachher zur Bildung der Hauptaxe beiträgt und keine weiteren Spross-

¹⁾ H. MÜLLER (Thurgau), Die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmoose. Leipzig. Engelmann. 1874.

fungen mehr hervorbringt, und eine äußere, welche die Tendenz hat, ein Blatt und einen Sproß zu bilden.

Die Basilarwand theilt am Stamm die Außenzelle des Segments, am Vorkeim die Papille in zwei Zellen, in eine akroskope α und eine basiskope β . Die Basilarwand hat immer eine zur Papillarwand (Blattwand) mehr oder minder genau rechtwinklige Lage; im Moosstamm trifft sie auf dieselbe, in den Vorkeimen kann dieß ebenfalls stattfinden, sie kann hier aber auch, was wieder durch die Streckung der Glieder hervorgerufen wird, weiter nach oben rücken und dann die Papillarwand nicht mehr treffen.

Aber nicht nur ihrer Entstehung nach sind die Zellen α und β , Fig. 45, S. 100, den akroskopen und basiskopen Außenzellen am Moosstamme gleichwerthig, sondern auch ihre Tendenzen entsprechen denjenigen der genannten Zellen vollständig, d. h. die Zelle α kann ein Blatt oder einen Blattvertreter, die Zelle β unter Umständen einen Sproß erzeugen; und zwar entstehen Sprosse am Vorkeim so gut wie am Stamm nur aus dieser Zelle;

4^o am Moosstamm ist die Bedeutung jeder einzelnen Zelle am Vegetationspunkt morphologisch scharf ausgesprochen, jede Außenzelle erzeugt in ihrem akroskopen Theil ein Blatt und nach einer gewissen Zahl von Blättern wird der basiskope Theil einer Außenzelle zum Sproß. Viel unbestimmter und schwankender macht sich daselbe Wachstumsgezet am Protonema geltend. Hier kann die Außenzelle (Papille) des Segments, einmal gebildet, jedes weitere Wachsthum einstellen, oder sie macht nur den Anfang zu einem solchen, sie theilt sich in eine akroskope und basiskope Zelle, oder die eine dieser beiden allein bildet sich weiter aus, es entsteht bloß ein Blattvertreter oder bloß ein Sproß, oder beide, Sproß und Blattvertreter werden erzeugt, oder endlich die Differenzirung unterbleibt ganz; die ursprüngliche Papille wächst zwar rüstig fort, aber sie wird zu einer Brutknolle, in welcher Blatt und Sproß noch gar nicht differenzirt sind.

Die Unsicherheit in der morphologischen Ausbildung geht so weit, daß, wie es scheint, selbst zufällige äußere Verhältnisse darauf hinwirken können, ob aus der primitiven Papille Sproß- und Blattgebilde, oder ob daraus eine Brutknolle entstehen soll;

5^o es wird nach dem bisher ausführlich Mitgetheilten kaum noch nöthig sein, darauf hinzuweisen, daß die besprochenen Vorkeime in der Entwicklungsgeichte der Laubmoose dieselbe Rolle spielen wie die von PRINGSHEIM beschriebenen Vorkeimbildungen in der Entwicklungsgeichte der Characeen, und daß es deshalb gerechtfertigt scheint, die von PRINGSHEIM für die Characeen eingeführten Bezeichnungen Sporenvorkeime und Zweigvorkeime auch auf die entsprechenden Gebilde der Laubmoose zu übertragen.

Wie die Sporenvorkeime der Characeen die Bildung des complicirter gebauten eigentlichen Charenstammes vorbereiten, wie aus dem Charen-

stamm selbst die Zweigvorkeime als vereinfachte Nachbildungen desselben und zugleich als vegetative Propagationsorgane hervorgehen, so find auch die Sporenvorkeime der Laubmoose vorbereitende Gebilde, an denen sich

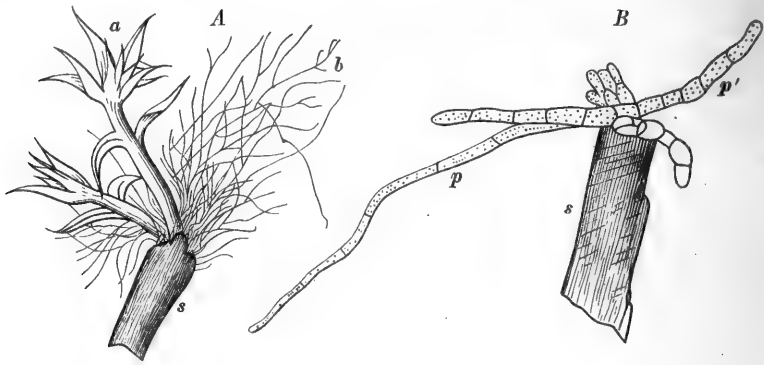


FIG. 124. Vorkeimwucherungen aus Abschnitten der Seta in künstlicher Cultur. A Sprossung aus der Seta von *Hypnum cupressiforme*, a junge beblätterte Moospflanze, b protonemaartige Fäden. B ebenfolche von *H. serpens*, p p' die Protonemafäden. (Nach N. FRINGSHEIM, Vegetative Sprossungen der Moosfrüchte. Königl. Ak. der Wiss. Berlin 10. Juli 1876.)

das Wachstumsgeſetz des Moosſtammes ſchon in feinen einfachſten Zügen geltend macht, und ſo ſinkt auch andererſeits wieder der Geſtaltungstrieb des Moosſtammes auf ſeine allereinfachſten und weſentlichen Momente zurück in der Bildung der Rhizoiden, die als Zweigvorkeime bezeichnet wurden».

Die Abſchnitte der Seta bringen in geeigneter Cultur ſelbſt wieder Protonemen und beblätterte Pflänzchen hervor, Fig. 124. Dieß iſt eine Verjüngung, welche um ſo merkwürdiger iſt, als in der freien Natur unter gewöhnlichen Umſtänden die Seta zu den ſterilen Gebilden gehört, an welchen keinerlei Sprossungen beobachtet wurden. Die Seta trocknet dort ſehr bald ein.

Die Verjüngung und Propagation beſchränkt ſich bei den Moosen nicht allein auf die im Sporogonium erzeugten Sporen, auf die Erzeugung der Zweigvorkeime, ſondern es werden aus Oberflächenzellen bei einigen Arten Brutknospen gebildet, ſo z. B. *Tetraphis pellucida*, Fig. 125. Die Ausfaat folcher mehrzelligen Brutknospen führt zur Bildung von Protonemafäden aus den Randzellen. Aus dem Protonema entſtehen in der angegebenen Weiſe die beblätterten Pflanzen. Wir erhalten im Gefammt für die ungeſchlechtliche Vermehrung der Moose:

I. aus Oberflächenzellen des Stammes entſteht im Vorkeim hieraus:

a) am Seitenzweig eine beblätterte Pflanze;

b) » » » Brutknolle, aus dieſer die beblätterte Pflanze;

II. an der vegetativen Pflanze entſtehen Brutknospen, aus dieſen nach der Ausfaat beblätterte Pflanzen.

II. Systematische Uebersicht der Laubmoose.

Die groben Züge der Systematik werden von den Bryologen, wie schon oben (S. 197) angedeutet, aus der Beschaffenheit der reifen Kapfel und aus der Stellung derselben am Zweigsystem hergeleitet:

I. Ordo: Schizocarpi; Spaltfrüchtler.

1. Familie: Andreaeaceae.

Die Kapfel spaltet sich in mehrere Klappen, sie ist kurz gestielt, erhebt sich auf einem Pseudopodium. Hierdurch Anschluß an die Jungermannien einerseits, an Sphagnum andererseits.

Einzige Gattung: *Andreaea*.

II. Ordo: Cleistocarpi; Schließfrüchtler.

1. Familie: Phascaceae.

2. Familie: Pleuri- diaceae.

III. Ordo: Stegocarpi; Deckelfrüchtler.

I. Unterordnung: Akrocarpi.

Die Kapfel steht am Ende der Hauptaxe oder der herrschenden Aeste.

II. Unterordnung: Pleurocarpi.

Die Kapfel entspringt aus der Achsel der Blätter an besonderen Zweiglein.

III. Unterordnung: Entophyllocarpi.

Die Kapfel entspringt aus der Duplatur der Blätter am Ende des Stammes oder der herrschenden Aeste.

Zur Orientirung vom entwicklungsgehistorischen Standpunkte aus muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Unterabtheilungen im III. Ordo in dem Entwicklungsgang nicht begründet sind.

Unter allen Umständen ist nämlich die erste Anlegung der Archegonien auf einen Ort zurückzuführen, welcher etwas tiefer liegt als der Vegetationspunkt des Stammes, beziehentlich Astes, in dessen Scheitel die Kapfel zur Zeit der Reife angetroffen wird. Dadurch wird der Unterschied zwischen Pleurocarpi und Akrocarpi hinfällig. In gleicher Weise ist zu zeigen, daß bei den Entophyllocarpen die Archegonien auf mikroskopisch kleinen Axillarsprossen oder doch auf den Stammtheilen der Segmente (s. oben S. 208) entstehen. Je nach der Erstarkung des vegetativen Stammes und der deutlicheren oder undeutlicheren Ausbildung der Axillarsprosse, welche die Archegonien tragen, erhalten die gegebenen Formen mehr das äußere Ansehen von akrocarpen oder pleurocarpen Moosformen. Zu einer

befonderen Classe findet man endlich noch die Sphagneen von den Moosen abgegliedert. Auch dieß ist im genetischen Sinne nicht gerechtfertigt. Als Vorwurf zu einer natürlichen systematischen Reihe möge diese Zusammenstellung angesehen werden:

Habituszüge.

Die Habituszüge der Laubmoose liegen in der Verzweigung des Stammes¹⁾. Derfelbe ist meist bis zu geringer Ordnungszahl (f. weiter unten) verzweigt. Mit Kurztrieben versehen oder ohne solche. Zahlreiche verzweigte Stämme wachsen in kreisförmigen Polstern oder Rafen; in der ersten Form stehen alle Zweige und Aeste senkrecht zur Polsterfläche. Im Rafen kann der Stamm lothrecht stehen, oder auf der Unterlage hinkriechen. Die wenig verzweigten kleineren (akrocarpen) Moose wachsen zum Theil in Coloniën oder truppweise. Die

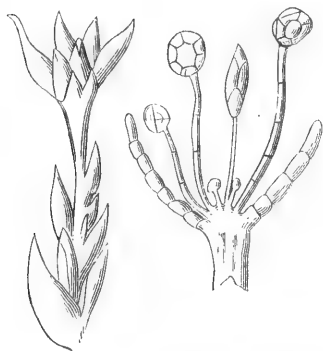


FIG. 125. *Tetraphis pellucida*, Brutknospe. Die erste Figur stellt das Ende eines beblätterten Stämmchens dar, in dessen Spitzen sich Brutknospen gebildet haben. Die zweite Figur ist ein Durchschnitt durch den Scheitel dieses Stämmchens, darin sind drei reife Brutknospen von der breiten, eine von der schmalen und mehrere junge Anlagen von Brutknospen verzeichnet.

Axillarknospen werden nur in geringer Anzahl ausgebildet. Die Stämme höchstens bis zur 6.—8. Ordnung verzweigt; bis zu einer Ordnung bringen es nur die Phascaceen, Pleuridiaceen, aber auch zahlreiche Formen der Akrocarpen, während bei den Pleurocarpen die Ordnungszahl auf 6—8 steigen kann. Da die Aeste oft die Stärke des Hauptstammes erreichen, so kommt es zu Gabelstellungen, obwohl ächte, in dem Scheitel entspringende Dichotomien bei den Moosen bis jetzt nicht beobachtet sind. — Bei einigen Hypnen herrscht eine zierliche dendritische Zweigstellung. Dicht stehende Seitenzweige kommen den Sphagneen zu.

Der Habitus der Moose wird nicht zum geringsten durch die Form- und Stellungsverhältnisse der Blätter charakteristisch. Die strenge $\frac{1}{2}$ Stellung kommt nur bei einer geringen Anzahl von Arten vor, dagegen kämmen sich die nach höheren Divergenzwerten zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ stehenden Blätter in zwei Reihen bei zahlreichen Pleurocarpen. Ebenso krümmen sich Blätter und Zweigspitzen hakenförmig. Das Blatt zahlreicher Formen legt sich im trockenen Zustand dicht an den Stamm, im nassen steht es mehr oder weniger sparrig von demselben ab. Die Rosettenstellung herrscht in

¹⁾ Die Polster und Rafen, welche in kalkhaltigen Quellen oder an Kalkfelsen wachsen, an welchen sie von Wasser bespült werden, welches doppeltkohlenfauren Kalk enthält, werden oft dicht mit kohlenfaurem Kalk inkrustirt.

den männlichen Pflänzchen oder Zweigen, während die Perichätialblätter der weiblichen mehr die Neigung zu einem kegelförmigen Knospenschluß zeigen. Die Blätter sind bei den Grimmien in vielen Formen mit einem langen Haarfortsatz aus der Spitze versehen. Die Blätter sind Saugblätter bei den Sphagneen und Leucobryum, wo durch die Poren tropfbares Wasser in so großer Menge in dem Rafen capillar festgehalten wird, daß daselbe auch in der trockenen Jahreszeit ausgepreßt werden kann. Da die Moosblätter mit ihrer dem Stengel zugekehrten Basis beschattet sind, kommt es in vielen Fällen vor, daß dort das Zellennetz chlorophylllos ist, während in den mittleren und näher am Scheitel belegenden Zellen das Chlorophyll reichlich ausgebildet ist. Andererseits sind die basilaren Parteen des Gewebes meist lockerzellig gegenüber dem kleinzelligen Scheiteltheil. Ebenso charakteristisch ist das Verhalten der Seta; sie ist verkürzt, so daß die Kapfel in das Perichætium eingesenkt erscheint bei den Phascaceen, Pleuridiaceen, bei einigen Grimmien, Fontinalideen; gedreht oder ungedreht. Dieses Verhalten bildet constante Arten- oder Gattungscharaktere. Die Seta ist aufrecht oder so zurückgekrümmt, daß die Kapfelanlage in den beblätterten Rafen Schutz findet.

Die größte Mannigfaltigkeit zeigt der Theil des Archegonium, welcher zur Calyptra umgebildet wird. Diese erreicht eine Größe von 5—6 mm bei den größeren Polytrichumformen, sie ist schief abgeschnitten oder kegelförmig, lang geschnäbelt oder kurz zugespitzt, glockenförmig erweitert (Encalypta), die Kapfel mehr oder weniger umschließend. Die Calyptra ist am Rande gefranst, aufwärts oder rückwärts behaart.

Das Peristom ist einfach oder doppelt, mehr oder weniger stattlich entwickelt. Die Zähne sind an der Basis verwachsen oder frei, in zwei Theile gegabelt (Dicranaceen) oder einfach. Die gemeinschaftliche Haut ist durchbrochen oder ganz. Im doppelten Peristom ist die äußere Zahnreihe stattlicher entwickelt als die innere. Bei einer großen Anzahl von Peristomen läßt sich die Lagerung der Zellen, aus deren Verdickungen der Mündungsbefatz hervorgegangen ist, noch erkennen. Die Farbe der Zähne ist auffällig tiefroth bis blaßgelb.

Die Kapfel ist ein Cylinder, ein Ellipsoid oder von Birnenform, nach der Seta mehr oder weniger zusammengezogen; der Deckel mehr oder weniger lang zugespitzt, schief oder gerade aufsitzend; die Kapfel ist geneigt bis hängend oder gerade zygomorph symmetrisch oder nach allen axilen Richtungen in zwei gleiche Hälften theilbar.

Systematische Uebersicht der Hauptformen.

1. Cleistocarpi.

Die Schließfrüchtler stellen die niedere Stufe der Laubmoose dar. Die Stämmchen sind höchstens 1 mm lang, locker beblättert, einjährig, einfach oder selten bis zur ersten

Ordnung verzweigt. Die Differenzirung in Deckel und Kapfel ist hier nicht vorhanden. Die Columella wird bei Archidium schon während der Sporenreife reformat; sie bleibt erhalten bei Phascum und Ephemerum. Abgesehen von geringfügigeren Unterschieden der Arten lassen sich in der Entwicklung diese Züge für die Familien festhalten:

1. Familie: Phascaceen. Sehr kleine, bis 1 mm große Pflanzen, welche in Colonien auf dem Protonema wachsen. Das Protonema bleibt erhalten bis zur Ausbildung der männlichen und weiblichen Pflänzchen: Ephemerum, HAMPE. Das Protonema dauert nicht bis zur Ausbildung der Geschlechtspflänzchen: Phascum, L. Die Formen der Familie bewohnen feuchte, lichte Orte, Aecker und nicht besetzte Waldflächen.

2. Familie: Pleuridiaceae. Ein- bis zweijährig. Moos wie vorher, wenig oder nicht verzweigt. Alle Formen sind monöcisch. Das Protonema dauert nicht aus: Pleuridium, BRID.; Bruchia, C. MÜLLER.

2. Stegocarpi, Deckelfrüchtler.

A. Untere Stufe.

Die Kapfel entsteht unter der Scheitelzelle im Scheitel eines Zweiges oder auf dem Stammtheil des Segmentes, welcher dem Axillarsproß entspricht (Akrocarpi der Autoren).

Tribus: Sphagnaceen. Diese Familie unterscheidet sich von allen höheren Formen durch den flachen, mehrfach verzweigten Vorkeim. Die beblätterten Pflanzen bilden reicher verzweigte, schlaffe Stämme mit dichter, spiraliger Beblätterung. Die Anzahl der Ordnungen schwankt indeß bei den einzelnen Torfmoosen in den weitesten Grenzen, z. B.:

			Länge der Rafen.
Sphagnum	acutifolium	1—2 Ordnungen	16 cm
»	cymbifolium	} 3—4 » {	15 »
»	cuspidatum		12 »
»	squarrosus	4—5 Ordnungen	10 »
»	rigidum	5—6 »	12 »
»	obtusifolium	6—8 »	11 »

Habitus und Wuchsform sind je nach dem Wohnort veränderlich. Die Rafen sind dicht, aber aus parallelwüchsigen Pflanzen zusammengesetzt. Die Seitenzweige stehen im Spiral, dicht beblättert, in Knäueln am Scheitel der tragenden Axen. Außer den dauernd wachstumsfähigen Zweigen bilden sich gestreckte Triebe aus, in welchen der Vegetationspunkt eingegangen ist. Der Stamm zeigt in feiner anatomischen Structur drei Schichten; auf die mittlere Markschicht, aus gestreckten, wenig verdickten Zellen, folgt ein geschlossener Hohlcyylinder von stark verdickten und mit Poren versehenen Spitzfaserzellen und endlich die locker parenchymatische, mit der Basis der Blätter in Verbindung stehende Rindenschicht. Die Anatomie der Blätter ist charakteristisch, wurde oben als Beispiel für die Entwicklung des Moosblattes gewählt (f. S. 210).

In mittlerer Entwicklung findet man bei den Sphagnumblättern, Fig. 126, die später luftführenden Zellen *b* umgeben von vier chlorophyllführenden *c*.

Die Antheridien der Sphagnen entstehen in der Achsel der Blätter. Sie sind von der Basalzelle aus gestielt, elliptisch oder kuglig, zeigen in der Form Anschluß an die Antheridien der Jungermannien. Die Archegonien an demselben Ort wie die Antheridien sind flaschenförmig. Monöcische Formen sind: *Sph. acutifolium*, *cuspidatum*, *squarrosus*. Diöcische sind: *Sph. cymbifolium*, *molluscum*, *subsecundum*.

Der befruchtete weibliche Zweig erhebt sich nach einiger Zeit mit der eingefenkten Kapfel *C* zu einem bis mehrere Centimeter langen, aus hyalinen, saftigen Zellen bestehenden Pseudopodium, Fig. 127. Die kurzgestielte, kuglige Kapfel entbehrt des Peristoms, öffnet sich mit einem Deckel, bildet große tetraëdrische, keimfähige Sporen, welche durch ein-

malige Viertheilung der Mutterzelle entstehen, und kleine sphärische, deren Keimung bis jetzt nicht beobachtet wurde.

Die Sphagnaceen besitzen Anschluß an die Gattung *Leucobryum*, welche eine ähnliche Structur im Laubblatte zeigt.

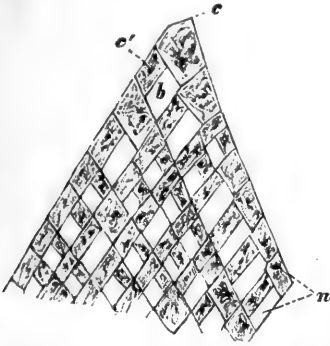


FIG. 126. *Sphagnum cymbifolium*. Blattparthie, die Differenzirung der oberen chlorophyllführenden *c c'* und der unteren luftführenden *b* Zellenräume zeigend.



FIG. 127. *Sphagnum acutifolium*. *ps* Pseudopodium, *B* Basaltheil der Kapsel, *C* Kapsel, *Ca* Calyptra.

In der äußeren Form sind die Sphagnen durch gefelliges Leben kenntlich, in Torfbrüchen, feuchten Stellen, bis in's Hochgebirg. Die Rasen sind bleichgrün, die geschlechtlichen Pflänzchen mit lebhaft rothen Zweigspitzen. Farbe und Tracht sind indeß je nach dem Wohnort veränderlich. Die mehrjährigen Stämme sterben von der Basis nach der Spitze ab, bilden im absterbenden Theil den Zuwachs des Torfmoores. Einzige Gattung *Sphagnum* mit zahlreichen Arten. Die Sphagnaceen sind von SCHIMPER in eine besondere Classe untergebracht.

B. Mittlere Stufe.

Die Archegonien entstehen in der Nähe des Vegetationspunktes der Hauptaxe oder am Seitenzweig in der Nähe von dessen Scheitel (Akrocarpi der Autoren). Der Axentheil, welcher die Kapseln trägt, ist aber nicht zu einem besonderen Perichätialzweig entwickelt. Die Kapsel ist daher scheinbar endständig.

I. Tribus: Funariodeae. Diese Pflanzen sind ein- oder zweijährig, mit kurzem, wenige Millimeter großem Stamm, welcher höchstens bis zur zweiten oder dritten Ordnung verzweigt ist. Die Blätter aber sind breit, groß, elliptisch zugespitzt, mit großen parenchymatischen Zellen; lebhaft grün.

1. Familie: Funariaceen. Die breiten Blätter sind gefügt, in Rosettenform am Stamme geordnet. Sämmtliche Pflanzen sind monöcisch. Die Kapseln bilden einen mehr oder weniger entwickelten Halsansatz an der Basis. Das Peristom ist rudimentär bei *Pyramidula*, BRID., und *Physcomitrium*, BRID., deutlich entwickelt bei *Funaria*, SCHREB. Die Seta bei der *Funaria hygrometrica* tordirt gewunden im trockenen Zustande. Sämmtliche Arten sind erdebewohnend. *Funaria* liebt die Meilerstellen in Waldblößen.

2. Familie: Splachnaceen. Diese in dichterem Rasen wachsenden Moofe besitzen wenig verästelte Stämme. Die Formen sind monöcisch oder diöcisch. Die Kapsel in dem großen Pseudopodium mit großem Kropfansatz und sehr kleinem Sporenraum. Peristom einfach. Die stattlichsten Formen bewohnen die arktische Region, bei uns wenige Arten, welche Kuhdüngerflächen in der montanen und alpinen Region besiedeln, einzige Gattung *Splachnum* (Spaltöffnung an der Apophyse?).

II. Tribus: Desmatodonteae. Auch in diesem Formenkreis kommen wenig verzweigte, in lockeren Colonien, sowie dichten und mehrere Centimeter großen Rasen wachsende, erde- und baumbewohnende Formen vor. Die Blätter bei einigen in zwei Reihen gekämmt.

1. Familie: Pottiaceen. Einfache oder einmal verzweigte kleine Stämmchen, in Herden wachsend. Blätter breit elliptisch mit durchlaufender Mittelrippe. Antheridien in den Blattachseln, Archegonien in rosettenartigen Knospen. Kapsel cylindrisch, ellipsoidisch, regelmäÙig. Peristom fehlend oder einfach, 16 Zähne.

Pottia, EHRH. Anacalypta, RÖHLING. Didymodon, HEDW.

2. Familie: Trichostomeen. Perennirende, in dichten Rasen oder Polstern erde- und baumbewohnende Moose. Das Blatt breit, elliptisch oder lineal. Mittelrippe durchlaufend, bei einigen Formen an der Spitze austretend. Monöcische, diöcische und solche Arten, bei welchen Antheridien und Archegonien in einem Zweige vereinigt sind. Das Peristom besteht aus 16 haarfeinen, bis zur Basis zweispaltigen, gegliederten Zähnen.

Ein morphologisch auffälliges Studienobject ist Barbula. Bei dieser Gattung ist das Peristom in einfacher oder doppelter Schraubenlinie oder selbst in zwei gegenläufigen Schrauben um die Axe des Deckels gewunden:

Trichodon, SCHIMP. Trichostomum, HEDW. Barbula, HEDW.

3. Familie: Distichiaceen. Im Habitus durch die zweizeiligen, linealen Blätter charakteristisch. Alle Formen monöcisch. Felsbewohner, in dichten Rasen, aus wenig verzweigten, haardünnen Stämmchen. Distichium, BRUCH u. SCHIMP.

III. Tribus: Leucobryaceae. Einzige Familie Leucobryeae. Stämme in dichten, bis mehrere Fuß großen Polstern von halbkugliger Gestalt. Bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt. Die Blätter von ähnlicher anatomischer Beschaffenheit wie bei Sphagnum. Mit diesem hat die einzige im Gebiet wohnende Art auch im Wuchs Aehnlichkeit. Die Blätter sind durch die Poren der Zellen geeignet, Wasser rasch aufzunehmen. Von den Sphagnen unterscheidet sich Leucobryum durch die Kapsel, welche gekrümmt, cylindrisch, mit spitzem Deckel und Peristom von 16 Zähnen versehen ist. Auch fehlt bei Leucobryum das Pseudopodium. Einzige Art Leucobryum glaucum, SCHIMPER; charakteristisches Moos der Wälder.

IV. Tribus: Dicranoideae. Diese Moose sind durch die gegabelten Zähne des Peristoms charakteristisch. Im Habitus sind alle hierher gehörenden Pflanzen durch einfache Stämme, welche nur bis zur zweiten Ordnung gabelästig sind, ausgezeichnet. Die Blätter sind lineal- oder lanzettförmig, mit breiter Basis und zwei intercalaren, mehr oder weniger ausgebildeten Flügeln an der Basis versehen. Aus den Internodien entspringen gegliederte Rhizidien, Wurzelzellenfäden, an welchen die Zweigvorkeime entstehen. Die Kapsel gekrümmt oder cylindrisch mit einfachem Peristom (in einigen Arten fehlt dieses), meist mit einem einfachen oder doppelten Ring.

Der Tribus zerfällt in drei Familien: Weißiaceen, Dicraneen, Seligeriaceen, sämtlich erde- oder felsbewohnend, oft in dichten Polstern und Rasen; Systegium, SCHIMP.; Gymnostomum, HEDW.; Hymenostomum, ROB. BROWN; Weissia, HEDW.; Seligeria, BRUCH u. SCH.; Ceratodon, Dicranum u. a.

V. Tribus: Polytrichiaceen. Einzige Familie Polytricheen enthält perennirende, unverzweigte Moose von eigenthümlich starrem Wuchse. Die meist diöcischen Formen wachsen in dichten Rasen und zwar die Geschlechter meist gemeinsam (männliche und weibliche Rasen). Die männlichen mit rosettenförmiger Anordnung der endständigen Perichätialblätter. Die Antheridien stehen auf dem Axentheile des Segmentes in großer Anzahl. Die Perichätialblätter sind zarter und roth gefärbt. Der Vegetationspunkt nimmt, nachdem die Antheridien entleert sind, seine Thätigkeit wieder auf und bildet einen neuen Trieb, so daß man an der dichteren Stellung der von Jahr zu Jahr aufeinander folgenden

Perichätialkreise das Alter des unverzweigten Stammes ablesen kann. Auch die Archegonien stehen in zur Blattinfertion parallelen Reihen auf dem Axentheile des Segmentes. Die Seta ist meist lang, gestreckt, starr. Die Kapfel cylindrisch oder vierkantig, aufrecht oder wenig geneigt. Die Calyptra bei den größeren Formen auffällig glockenförmig, behaart. 16 Peristomzähne; nach dem Hinfall des Deckels ist die Kapfel mit einem später hinfälligen Häutchen (Diaphragma) bedeckt. Zu den interessantesten Studienobjecten gehört das Blatt. Es ist stengelumfassend, mit breiter, aus mehreren Zellschichten bestehender Rippe, deren Spur noch im Stamm als Fibrovaskulardrudiment kenntlich ist. Die Blattfläche entbehrt des Chlorophylls. Dasselbe ist auf senkrecht zur Bauchseite des Blattes entstehende gegliederte Zellenlamellen beschränkt (vergl. Fig. 118).

Atrichum, PAL. DE BEAUV. *Oligotrichum*, DE C. *Polytrichum*, L.

1. Familie: Tetrapiideen. Einfache oder wenig ästige, in Rasen wachsende Stämmchen, die Blätter schmal, lineal oder lanzettlich. Die aufrechte cylindrische Kapfel mit einfachem, aus nur vier Zähnen zusammengefügtem Peristom.

Tetraphis, HEDWIG. *Tetradontium*, SCHWÆGR.

2. Familie: Encalypteen. Unverzweigte kleine Stämmchen mit elliptischen, zugespitzten Blättern in niederen, lockeren Rasen. Die Calyptra ist glockenförmig, schließt die Kapfel als eine durchscheinende, trockenhäutige Hülle ein. Hierdurch werden diese zierlichen Moose charakteristisch.

VI. Tribus. Bryoideae. In diesen Tribus haben die Systematiker vier Familien vereinigt, von welchen zwei, die Bryaceen und Mniaceen, einen näheren morphotischen Anschluß zeigen, während die beiden andern unter sich und mit der ersten Gruppe eine geringere Ähnlichkeit aufweisen, es sind die Bartramiaceen und Meesiaceen. Die Bryaceen bilden lockere oder dichtere Rasen. Die Stämmchen sind wenig verzweigt, monöcisch oder diöcisch. Das Blatt besteht aus einer einzigen Zellschicht aus parenchymatösen Zellen. Die Blattrippe aus wenigen Zellenlagen bis zur Blattspitze, oder vor der Spitze verschwindend. Die Kapfel der Bryaceen ist auf aufrechter Seta umgebogen, stark geneigt oder hängend, cylindrisch oder ein Ellipsoid. Das Peristom ist doppelt. Das äußere Peristom besteht aus 16 Zähnen, das innere ist meist an der Basis der dünnhäutigen gegliederten Zähne in eine Membranplatte verwachsen.

Die Familie enthält die Gattung *Bryum*, DILL, mit den Untergattungen *Phichostomum*, HORNSCHUCH, *Pohlia*, HEDW., *Webera*, HEDW., welche von einigen Autoren als selbständige Gattungen angesehen werden.

Die Mniaceen bilden einfach oder mehrfach verästelte Stämme in lockeren Rasen in einigen Arten mit gracilen, locker beblätterten, wurzelnden Ausläufern. Die Blätter stehen cyclich, kämmen sich aber an den horizontalen Stämmchen oft in zwei Längsreihen. Sie sind groß, elliptisch bis kreisrund, am Rande gezahnt oder glatt. Das Zellenetz parenchymatisch, lebhaft grün, glänzend mit zierlichen Papillen. Die Antheridienstämme zeigen eine zierliche und auffällige Rosettenform der oberen Laub- und Perichätialblätter, die Archegonien tragenden dagegen einen knospenförmigen Schluß. Die Kapfeln auf langer, aufrechter Seta hängen über, sind eiförmig oder ellipsoidisch, groß mit stumpf kegeligem Deckel. Das Peristom ist doppelt, das äußere 16 Zähne, das innere 16 schmale Zähne, welche an der Basis in die Haut verwachsen sind; zwischen den 16 Zähnen des inneren Peristoms befinden sich noch mehrere zarte, gegliederte Wimpern. *Mnium*, L. *Aulacomnion*, SCHWÆGR. Diese Moose wachsen auf der Erde an schattigen Waldorten, einige auf Moorwiesen herrschend, große Rasen bildend.

Die Meesiaceen bilden dichte, bis Fuß große Rasen, welche bei einigen Formen, *Meesia tristicha* z. B., Quadratmeter große Flächen an feuchten Standorten, Mooren, Gebirgsquellen, bedecken. Die Stämme sind bis zur 2., 3. Ordnung verzweigt. Die Blätter

stehen nach $\frac{1}{3}$ oder höheren Werthen in der Blattstellungsreihe. Die Blätter sind schmal, lanzettlich oder lineal mit im Querschnitt halbkreisförmiger, auf dem Rücken des Blattes kielartig vorstehender Rippe. Die männlichen Stämmchen wie bei den Bryaceen mit Rosetten im Perichätialzweige. Die Geschlechter wachsen gesellig in Rasen. Die Kapsel auf langer Seta etwas geneigt, kuglig, in die Seta verschmälert. Das Peristom doppelt, ähnlich wie bei Mnium, durch die verschiedene Länge der innern und äußern Zähne unterschieden.

Limnobryum, RABENH. Paludella, EHRH. Meesia, HEDW.

Die Bartramieen schließen sich in der Wuchsform an die vorige Familie an. Die Kapsel auf langer Seta kuglig oder apfelförmig, aufrecht. Die schmal linealen, bei einigen Formen hakig gekrümmten Blätter besitzen beiderseits Papillen.

Einzige Gattung Bartramia, HEDW.

VII. Tribus. Buxbaumiaceen. Diese einzige Familie hat in der Form und im anatomischen Bau außerordentlich wenig Anschluß an alle übrigen Verwandtschaftskreise. In unserem Gebiete befinden sich zwei Gattungen, welche wiederum unter sich gar keine Aehnlichkeit in der Form besitzen:

Buxbaumia, HALLER. Außerordentlich kleine, isolirt stehende, unverzweigte Stämme mit wenigen rudimentären, rippenlosen Blättern. Die Kapsel ist mit ihrem Fuß in den, nach der Befruchtung anschwellenden Stamm eingesenkt (Fig. 119), auf dicker, bis 2 cm langer Seta aufrecht, elliptisch abgeplattet und nur durch eine Ebene symmetrisch theilbar, bilateral. Die eine Fläche ist stärker gewölbt, roth gefärbt, die andere flacher, grün gefärbt, mit schmaler Mündung. Peristom doppelt.

Diphyscium, MOHR. Dieses Moos wächst in Heerden oder kleinen schmutzigrünen Rasen auf dem Waldboden, oft zwischen andern flachrasigen Moosen eingestreut. Der Stamm ist 1 mm hoch, beblättert, ungetheilt. Die Blätter elliptisch, die Perichätialblätter mit langer Granne. Die Kapsel ist sitzend, blaßgrün, aufgeblasen 2–3 mm groß. Das Peristom doppelt, das äußere 16zählig, das innere eine Membran, welche in 16 kielige Falten getheilt ist. Einzige durchaus im Habitus auffällige Art: D. foliosum, WEBER und MOHR.

Die Familie der Fissidenteeae hat weder im Habitus noch in der Structur der Blätter directen Anschluß an die übrigen akrocarpen Moose. Der Stamm ist einfach oder wenig verzweigt, genau nach $\frac{1}{2}$ beblättert. Die Segmentirung an der zweischneidigen Scheitelzelle, s. Fig. 112, geschieht genau nach der Divergenz $\frac{1}{2}$. Das Blatt sitzt mit zwei breiten Flügeln reitend, den Stengel in der Duplicatur umfassend. Die beiden Flügel verlaufen nach oben in die Blattfläche. Die Archegonien und Antheridien entstehen auf dem Axentheile des Segmentes. Die Stämme sind monöcisch oder diöcisch. Die Kapseln symmetrisch auf langer Seta, mit schief abgeschnittener Haube, schief geschnäbeltem Deckel, der Ring fehlt. Das Peristom ist einfach, 16 gefaltene Zähne:

Conomitrium, MONTAGNE. Osmundula, RABENH. Fissidens, HEDW.

An die Fissidenteeae schließen sich die Schistostegeae mit einer Gattung und Art an: Schistostega osmundacea, MOHR.

C. Obere Stufe der Form.

Der Uebergang von den vorstehend beschriebenen Formenkreisen geht durch den Tribus der Grimmiaceen nach den Neckeraceen und Hypnaceen. Er ist im Allgemeinen darin begründet, daß der Stamm perennirend, vielfach verzweigt ist und daß die Archegonien und Antheridien an Seitenzweiglein der letzten Ordnung angelegt werden. Diese Zweiglein beenden damit ihre Vegetation. (Hierher gehören außer den Grimmiaceen alle Pleurocarpi der Autoren.)

Der Tribus der Grimmiaceae zerfällt in drei Familien:

1° Cinclidoteen. Im Wasser fluthend, bis zur 4.—5. Ordnung verzweigt, cyclisch beblättert, schmutzigrün, diöcisch. Kapfel in dem Fruchtzweige kurzgestielt (eingesenkt). Peristom einfach. Haube kegelförmig: Cinclidotus, PAL. DE BEAUV. Bis 11—12 Zweigordnungen, 12 cm lange Stämme;

2° Grimmieen. Verzweigte oder unächt dichotome Stämme, in Rafen und Polstern, Mauern, Felsen, Erde, seltener baumbewohnend. Die Blätter stehen cyclisch, sind länglich lanzettförmig mit stengelumfassender Basis und mit einer kreisrunden, über die Blattspitze mehr oder weniger vorstehenden Granne. Die Kapfeln aufrecht, kurz gestielt, eingesenkt oder zurückgekämmt. Die Haube ist mützenförmig, der Länge nach gefaltet, an der Rißstelle buchtig gezahnt. Das Peristom einfach, 16 Zähne. Einen 2—3reihigen Ring spaltet das Deckelchen ab (bei einigen fehlt das Peristom).

Hedwigia, EHRH. Anodon, RABENH. Schistidium, BRID. Grimmia, EHRH. Racomitrium, BRIDEL. Racomitrium heterostichum, 6—7 Zweigordnungen;

3° Orthotricheen. Zumeist baumbewohnende Moose, in lockeren Polstern. Die Stämme mehrfach gabelig verzweigt. Die cyclisch gestellten und nach allen Richtungen an dem aufrechten Stämmchen gleichmäßig vertheilten Blätter unterscheiden die Familie von den Grimmieen, sie sind lanzettlich zugespitzt, mit starker, selten über die Spitze vorstehender Rippe. Das Zellennetz ist parenchymatisch, besonders am Grunde aus größern rechteckigen Zellen zusammengesetzt. Die Haube glocken-, mützen-, oder kaputzenförmig, bei Orthotrichum mit aufwärts gerichteten Haaren. Das Peristom einfach oder doppelt (bei einigen fehlend). Die Kapfel ist aufrecht ellipsoidisch, an mäßig langer Seta, 16 Zähne im Peristom, Coscinodon, SPRENG. 8 Doppelzähne, Zygodon, HOOK u. TAYLOR. Amphoridium, SCHIMP. Peristom einfach oder doppelt, Orthotrichum. Die Gattungen sind zum Theil reich an Arten.

In der Reihe der eigentlichen Astmoose (die Pleurocarpi der Autoren) sind sechs Tribus von den Systematikern aufgestellt. Der gemeinsame Zug liegt in der dendritischen, reichen Zweigbildung, in der Stellung der Geschlechtsapparate an besonderen kleinen Kurztrieben, in der Structur und Stellung der Blätter; dieselben sind, mit Ausnahme der Hookeriaceen, parenchymatisch, aus langen, rhombischen oder spitzfaserähnlichen, mit den Spitzen gegenseitig verschränkten Zellen zusammengesetzt. Nur die Blattflügel sind lockerzellig, parenchymatisch. Die Blattrippe ist immer rudimentär. Die Weite-, Locker- oder Dichtmaschigkeit des Blattgewebes kann nur durch Vergleichung zahlreicher Formen am Mikroskop übersichtlich werden.

I. Tribus und Familie Fontinaléen. Bis über fußlange Wasserbewohner in lockeren, fluthenden, langästigen Rafen. Die Blattstellung ist streng $\frac{1}{3}$ (f. Fig. 111). Die Blätter lockermaschig, rippenlos, die jüngeren Blätter lebhaft-, die älteren schmutzig grün. Die Kapfel ist kurzgestielt, eingesenkt, mit doppeltem Peristom. Der Ring fehlt. Fontinalis, DILL., antipyretica 4—5, squamosa 3—4 Zweigordnungen.

II. Tribus Neckeraceen. Vielfach verzweigte Land-, zum Theil Baumbewohner. Die Verästelung bis zur 5.—6. Ordnung Neckera crispa 3 Ordn., N. complanata 2—3 Ordn., N. curdipendula 5—6 Ordn., sind baumbewohnend. Die flachen Blätter sind an den der Unterlage angepreßten und kriechenden Stämmen zweizeilig gekämmt. Ebenso sind die Zweige nach $\frac{1}{2}$ geordnet. Einige Arten bilden lange, locker beblätterte Ausläufer. Die Tracht wird hierdurch überaus charakteristisch und zierlich. Die Blätter stehen in der Knospe nach $\frac{3}{8}$ oder $\frac{5}{13}$. Das Zellennetz ist prosenchymatisch, engmaschig; zwei seitliche, lockerzellige Flügel an der Blattbasis; die Rippe fehlt oder ist rudimentär. Die Kapfel ist aufrecht, cylindrisch, eingesenkt oder mit langer Seta versehen. Der Ring fehlt. Das Peristom ist doppelt. 16 derbere äußere Zähne; die inneren 16 an der Basis in einer gemeinsamen Membran vereinigt: Neckera, HEDW., Homalia, BRIDEL.

III. Tribus. Hookeriaceen. Diese Familie enthält eine einzige Gattung im mitteleuropäischen Gebiete: *Hookeria lucens*, SMITH (*Pterygophyllum*, BRID.).

Die großen, breitelliptischen, locker parenchymatischen Blätter in eine Ebene zweizeilig gekämmt. Die Stämme bis zur 4.—5. Ordnung verzweigt in flachen Rafen an Waldquellen hin und wieder; eine prächtige Moosform, durch die großen Blätter auffällig. Die Stämme sind monöcisch. Die Kapfel an langer Seta geneigt. Doppeltes Peristom, schief gefchnäbelter Deckel.

IV. Tribus. Hypnaceen. In diesem Tribus haben die Bryologen Aftmoose von verschiedenem Wuchs und Habitus vereinigt. Es sind im mitteleuropäischen Gebiete etwa 150 Arten, wenn der Tribus der Leskeaceen noch mit hierher gerechnet wird. Der gemeinfame Zug liegt in der cyclischen Beblätterung; nur einige horizontal wachsende Formen zeigen eine deutlich zweizeilige Kämmlung. Die Verzweigung geht bis zur 12. Ordnung. Die niederen Rafenbildner bis 5—6 Ordnungen. Alle Formen sind perennierend, wachsen gefellig in flachen Rafen oder aus aufrechtstehenden Stämmen gebildeten Polstern an Bäumen, Dächern, Mauern, Felsen, auf dem Waldboden. Einige sind constante Wasserbewohner in Sümpfen und Mooren.

1. Familie. Leskeaceen. Unterscheiden sich im Wesen der Sache von den Hypnen nur durch die rundlich parenchymatischen Zellen des Blattnetzes und durch die etwas stärkere Rippe. Die Kapfel ist aufrecht cylindrisch, das Peristom doppelt; das äußere enthält 16 Zähne, das innere eine zarte Membrane mit rudimentären zarten Wimpern.

Leskea, HEDW. *Anomodon*, HOOKER u. TAYLOR. *Pseudoleskea*, BRUCH u. SCHIMPER. *Thuidium*, SCHIMP.

2. Familie. Hypneen. In Tracht und Verzweigung außerordentlich mannigfach. Gemeinfame Züge liegen in dem prosenchymatischen Zellennetz der Blätter. Die Kapfeln an langer Seta aufrecht, cylindrisch oder gekrümmt; schief abgeschnittene gefchnäbelte Calyptra; der Deckel lang zugespitzt. Das äußere Peristom enthält 16 derbere, das innere, an basilarer Haut entspringend, 16 schwächere Zähne, zwischen welchen abwechselnd 2—3 Wimperfortsätze der basilen Membrane befindlich sind.

Pterigynandrum, HEDW. *Pterogonium*, SWARTZ. *Lescurea*, SCHIMP. *Climacium*, WEBER u. MOHR. *Pyllaisia*, SCHIMP. *Isothecium*, BRID. *Orthothecium*, SCHIMP. *Homalothecium*, SCHIMP. *Camptothecium*, SCHIMP. *Hypnum*, L. u. a. m.

III. Stellung der Moose im System.

Im Wesen der Sache unterscheiden sich die Moose von den Charen im genetischen Sinne dadurch, daß die Archegonien nach ihrer Befruchtung ein complicirteres Sporogonium hervorbringen, während die Charen mit einem einfachen Oogonium abschließen. Nach den höheren Kryptogamen haben sie wenig Anschluß. Das einzige Anzeichen, daß die Fruchtanlage den Keim zu einem weiteren Formenkreis in sich trägt, ist das seltene Vorkommen von gabelig getheilten Fruchtanlagen mit zwei Scheitelzellen im frühen Entwicklungszustand. Durch die Bildung der Protonemen erlangen die Moose einen etwas größeren Anschluß an die Algen, von welchen sie sich indeß durch die akropetale Folge der Segmente, im Blatte durch die gesetzmäßige Stellung der Blätter nach $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ u. f. f. unterscheiden. Uebergangsformen zwischen den Charen und Moosen, zwischen den Algen und Moosen sind bis jetzt nicht bekannt. Die Moose stellen eine später auf-

tretende Reihe von Descendenten aus dem Algenstamme dar, und entsprechen einem Ast an dem Stammbaume, welcher, bezogen auf die höheren Formen der Gefäßpflanzen, früher von dem Stammbaume entspringt, und welcher nicht in Verbindung steht mit dem Ast, von welchem die Gefäßpflanzen entspringen¹⁾.

¹⁾ LANTZIUS BENINGA, *De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum. Dissertatio inauguralis in academia Georgia Augusta scripta.* Beiträge zur Kenntniß des inneren Baues der ausgewachsenen Mooskapfel, insbesondere des Peristomes. 17. Bot. Ztg. 47. — SCHIMPER, *Bryologia europæa. Recherches sur les mousses.* — W. HOFMEISTER, Vergleichende Untersuchungen über die höheren Kryptog. Leipzig 1851. Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten Untersuchungen der Entwicklung höherer Kryptogamen. Pr. Jahrb. Bd. III. Seite 259. 1863. — P. G. LORENTZ, Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose. Pr. Jahrb. Bd. VI. Seite 363. 1867—68. — M. WICHURA, Beiträge zur Physiologie der Laubmoose. Pr. Jahrb. Bd. II. Seite 193. 1860. — N. J. C. MÜLLER, Die Entwicklungsgeschichte der Kapfel von Ephemerum. Pr. Jahrb. Bd. VI. Seite 237. 1867—68. — Dr. HERM. MÜLLER (Thurgau), Die Sporenkeime und Zweigvorkerne der Laubmoose (Protonema und Rhizoiden). JUL. SACHS, Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. — E. STAHL, Ueber künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. 689. Bot. Ztg. 76. — L. KNY, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der laubigen Lebermoose. Pr. Jahrb. Bd. IV. Seite 64. Ueber Bau und Entwicklung der Riccien. Pr. Jahrb. Bd. V. S. 364. 1866—67. — H. LEITGEB, Bemerkungen über die Zeit der Ast- und Blattanlage im Axenscheitel der Laubmoose. 33. Ueber die Verzweigung der Lebermoose. 557. Bot. Ztg. 71. Ueber endogene Sproßbildung bei Lebermoosen. 33. Bot. Ztg. 72. Zur Morphologie der Metzgeria furcata. Leykam-Josefsth. Graz 1872. — FELIX KIENITZ-GERLOFF, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Lebermoos-Sporogoniums. Berlin. Gustav Lange. 1873. Ueber den genetischen Zusammenhang der Moose mit den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. 705. 721. Bot. Ztg. 76. Vergleichende Unterf. über die Entwicklungsgesch. des Lebermoos-Sporogoniums. Halle. Gebauer-Schwetfchke'sche Buchdruckerei. 1874, und Bot. Ztg. 74. Neue Beitr. zur Entwicklungsgeschichte des Lebermoos-Sporogoniums. 777. 793. Bot. Ztg. 75. — JOS. BERNH. JACK, Die Lebermoose Badens. (S.-Ab. a. d. Ber. d. naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. Br.) — H. RÖSE, Ueber die Moose Thüringens. Bot. Ztg. 51. Ueber Mißbildung der Kapfel von Hypnum triquetrum. Bot. Ztg. 55. — MILDE, *Chamaeceros fertilis*, neues Genus aus der Familie der Anthoceroten. Bot. Ztg. 56. Zur Kenntniß von Anthoceros und Blasia. Bot. Ztg. 51. — ITZIGSOHN, Geolog. Bedeutung der Laubmoosflora der erratischen Blöcke. Bot. Ztg. 56. — SCHLIEPHAKE, Drei neue Fissidentae. Bot. Ztg. 56. — H. ZUKAL, Beitrag zur Kenntniß der Anatomie der Sphagnen. 353. Bot. Ztg. 63. — Dr. HERM. SCHACHT, Die Spermatozoiden im Pflanzenreich. Braunschweig. Fr. Vieweg & Sohn. 1864. — Dr. ED. JANZEWSKY, Vergleichende Unterf. über die Entwicklungsgeschichte des Archegoniums. Bot. Ztg. 1872.

Dritte Abtheilung: Vollkommenere Anpassung an die climatische Periode. Auftreten der leitenden Gewebe und der Wurzel.

§ 16. Ueberblick der Gefäßkryptogamen.

Alle höheren Kryptogamen, fowie die gymnospermen und angiospermen Phanerogamen sind von den Moosen dadurch unterschieden, daß sie statt der Moosfrucht aus der Keimzelle eine beblätterte Pflanze entwickeln. Die Gefäßkryptogamen haben mit den Moosen nur die zwei Züge gemein:

- 1^o Bildung der Spermatozoiden;
- 2^o Bildung der Keimzelle in einem Archegonium.

Betrachten wir zunächst die höheren Kryptogamen ohne die Gymnospermen, so fällt uns ein Hauptzug auf: Die Geschlechter werden nicht auf der beblätterten Generation ausgebildet, welche eine Periode in der Geschlechtsreife zeigt, sondern als Geschlechtskeime (als Sporen) vor der Ausbildung der Geschlechter von der beblätterten Generation abgestoßen. Hierin liegt der Zug, welcher die höheren Kryptogamen als Descendenten von Wasserpflanzen kennzeichnet.

In der Spore liegt der Keim zu den Geschlechtspflanzen. Die Befruchtung selbst aber wird außerhalb der Blätterpflanze ausgeführt.

Nirgends tritt die adaptive Erhebung deutlicher zu Tage als in der Vergleichung der geschlechtlichen Sporen der höheren Kryptogamen mit den Gymnospermen als den nächsten Descendenten und den Phanerogamen.

Während bei den Moosen das Keimbläschen zunächst in einen einfachen, später in einen immer complicirteren Kapselapparat zerfiel, in welchem die letzten Zelldescendenten des Keimbläschens einzellige Sporen waren, die keimend zuerst ein Algenlager und nach vielen Zellengenerationen erst wieder Keimbläschen, Eizellen, hervorbringen, treten aus dem Keimbläschen der Gefäßkryptogamen plötzlich Blätterpflanzen auf, welche sich mit der höchsten Gliederung an die Phanerogamen durch ihre Fibrovafalmassen anschließen.

Während das Keimbläschen der Moospflanze ein naher Descendent der Blätterpflanze ist, ist das Keimbläschen der Gefäßkryptogamen ein entfernter Descendent derselben.

Man kann die Frage aufwerfen: war das Protonema der Moose das erste Gebilde, welches sich versuchte, beblätterte Adventivsprossen zu bilden, oder war die beblätterte Moospflanze das erste, welches im Laufe der Generationen in den Algentypus zurückschlug?

Ebenso kann man bei den Gefäßkryptogamen fragen: traten die geschlechtlichen Prothallien oder die ungeschlechtliche Blätterpflanze zuerst auf?

Mehrere Charakterzüge weisen darauf hin, daß mit der allmähigen Entstehung festen Landes an unserem Planeten Gewohnheiten angenommen wurden, welche wir jetzt nur an Landpflanzen finden, und dahin gehört gerade die Bildung hoch gegliederter Auszweigungen, welche der climatischen Periode folgen, die Blätter; wir können uns dadurch schon eine Epoche unserer Erdgeschichte denken, wo die Prothallien der Gefäßkryptogamen ohne einen aus ihnen hervorgehenden Blätterstamm existirten, wo sie mit einem sporentragenden Fruchtkörper die Generation abschlossen.

Liegt doch sicher in der Eizelle der Moose die Neigung nach einem verzweigten Gebilde, welches jetzt nur in den seltensten Fällen ausgebildet wird, weil die vegetativen Glieder: Protonema, Laubspieß oder Lager der Moose in dem Kampfe um's Dasein in dem Moosareal siegreich, also genügend gut adaptirt sind, weil jede weitere Formerhebung vielleicht für die Propagation nur schädlich wäre.

Für die Annahme, daß die Geschlechterbildung nicht von der beblätterten Pflanze abhängt, daß diese letztere selbst eine Folge adaptiver Formerhebung mit dem Wachsen des Festlandes sei, spricht:

daß die den Geschlechtskeim tragende Spore bei den verschiedenen Formkreisen aus der verschiedensten Verwandtschaft zu der Keimzelle, d. h. von den verschiedensten Theilen der beblätterten Pflanze stammen kann:

- a) die entfernteste Verwandtschaft bei den Farrenkräutern, wo die Spore auf vegetativem Wege von dem Haare abstammt;
- b) nähere Verwandtschaft zu dem Keimbläschen aus dem Blatte bei den Phanerogamen, Isoëten, Selaginellen;
- c) nächste Verwandtschaft aus dem Zweige bei den Equiseten und vielen Phanerogamen.

Man kann sich sehr wohl denken, wie allmähig die Keimzelle der Prothallien versuchte, nach verschiedenen Richtungen Fruchtkörper mit Propagationszellen zu bilden, die bei hinreichender Productivität, Dauerhaftigkeit, dem Bedürfnis einer langen geschlechtlichen Ruhe zu einer Ansammlung genühten; wie die Ausbildung lichtbedürftiger Flächengebilde zuerst rudimentär, später mit dem größten Aufschwung der Form, die vortheilhafteste

Adaption wurde; wie die Blätter als die formenreichsten Zweige vorzugsweise mit der Secretion der Keimzellen der Sporen betraut wurden.

War das Blatt als ein so naher Verwandter des Stammes einmal der Producent der geschlechtertragenden Zelle, der Spore, so war die nächste Erhebung nach der Anpassung der Festlandspflanzen die, daß auch in dem Blatte die Keimung der Geschlechtszelle vor sich ging, daß der Modus, die Geschlechtskeime dem Wasser zu übergeben, verloren ging, daß der Geschlechtsproß ein Stamm oder ein Gebilde wurde, an welchem sich Blatt und Stamm beteiligten; so ist die Makrospore und das weibliche Prothallium, bis auf ein Rudiment bei den Coniferen, den Phanerogamen ganz verloren gegangen, die Mikrospore aber ist in dem Pollen erhalten geblieben, als eine Zelle, welche wie die Spore der Gefäßkryptogamen hinausgestoßen und in der Atmosphäre verweht wird.

Bei einigen dimorphen Blüthen aber ist auch dieser Zug gänzlich vermischt worden. Die Mikrospore, das Pollenkorn, keimt hier in der Blüthe, ohne das Blatt, seine Bildungsstätte, zu verlassen (*Viola odorata*, Zwergblüthen).

Die Sexualität unterliegt also in ihren Hauptcharakteren der Anpassung in der Lebensweise der neuen Pflanze, sei es in dem flüssigen Element, sei es auf dem Lande; die Formerhebung der beblätterten Stämme darf mithin als eine Folge der Erhebung des festen Landes angesehen werden.

Von dem Momente an, wo die Vermittlung der beiden Geschlechtsmassen nicht mehr durch das Wasser möglich war, mußte die Mikrospore einen andern Modus der Bewegung nach der Keimzelle einschlagen. Es geschah dieß durch Rückschlag in den Parasitismus der Pilze, sie bohrt jetzt die weibliche Pflanze an und durchwächst sie wie ein Mycelium oder ein Haustorium. Die Spermatozoiden sind spurlos verschwunden.

Es ist von dem höchsten Interesse, daß dieser Atavismus auch dem Keimbläschen der Phanerogamen in hohem Grade zukommt, auch dieses führt gewisse Wanderungen aus, welche ganz das Gepräge parasiter Zellen zeigen, indem es Schläuche bildet, welche den Embryosack durchbrechen.

Mit der Erhebung des Sexualprocesses in den Modus der Landpflanze geht das Anwachsen eines Hauptzuges parallel. Es ist die Neigung zur Diöcie, die Neigung, die Geschlechtszellen auf verschiedenen Individuen (aus verschiedenen Kreuzungspunkten) anzulegen. Es erreicht dieser Zug mit der Erhebung der Form in den Bäumen seinen strengsten Ausdruck. Bei den Salicineen, einigen Palmen, Myricaceen wird der Kreuzungspunkt der Form durch die Kreuzung streng eingeschlechtig.

Bei allen Phanerogamen ohne Ausnahme sind die Geschlechtszellen mindestens so streng gefondert, daß sie auf verschiedenen Blättern entstehen.

Diese Tendenz, die Geschlechter aus möglichst entfernter Blutsverwandtschaft zu bilden, ist schon bei den Gefäßkryptogamen ausgesprochen.

a) Ispore, monöcische.

Bei den Farren werden die Sporen von gleicher Gestalt an den Oberflächenzellen der Wedel abgeschieden in kugeligen Sporangien. Die Spore bildet, auf die Erde gefallen, ein flaches, mit einer oder mehreren Scheitelzellen wachsendes Lager, welches Wurzelhaare in die Erde sendet, durch das Chlorophyll seiner Zellen selbständig assimiliert, zuerst Antheridien (Proandrie) und dann Archegonien an verschiedenen Stellen aus Oberflächenzellen des Lagers bildet. Bei einigen ist das Prothallium streng eingeschlechtig, so daß in je einer Spore nur der Keim zu Antheridien oder nur zu Archegonien enthalten ist.

Die Antheridien bilden mehrere Spermatozoiden, welche bei der Geschlechtsreife entlassen werden. Sie dringen durch den Halscanal in das Archegonium. Das Archegonium entsteht ebenfalls aus einer Oberflächenzelle. Nach der Mischung der beiden Geschlechtsmassen differenziert sich die Centralzelle zur Embryoanlage, welche zunächst durch zwei Wände in vier Zellen zerfällt. Dieß ist die Anlage der beblätterten Pflanze.

b) Ispore, diöcische.

Die Equisetenspore entspringt einem metamorphen Zweige, fällt zur Erde und bildet ein antheridentragendes Prothallium mit zahlreichen Spermatozoiden. Eine andere Spore bildet ebenso ein nur archegonientragendes Prothallium. Die Theilung der Centralzelle geschieht im Anfang wie bei den Farrenkräutern.

c) Heterospore.

Die Sporen werden in Blättern in befondern Sporangien oder in befondern Fruchttänden an der beblätterten Pflanze gebildet von ungleicher Größe.

Die Makrospore bis zur Größe eines Hirsenkornes ist streng weiblich.

Die Mikrospore von der Größe der Farrenspore ist streng männlich.

Die Makrospore bildet ein grünes Prothallium, *Salvinia*, oder ein ungefärbtes, *Marsilea*, *Pilularia*, und aus den Randzellen und einer Innenzelle das Archegonium, aus den Randzellen den Halscanal, aus der Innenzelle die Centralzelle. Die Mikrospore theilt sich ohne ein hervortretendes Mikroprothallium, *Selaginella*, oder es treten Gliederfäden hervor, *Salvinia*, *Pilularia*, deren Zellenglieder Mutterzellen für die Spermatozoiden sind.

§ 17. Vegetationspunkt von Stamm und Wurzel¹⁾.

Bis zu dem Formenkreis der Moofe inclusive iſt nirgends die Erſcheinung bekannt, daß im Innern eines Gewebekörpers ein Zweig angelegt würde, welcher durch das Gewebe nach außen hervorwächſt, indem er dieſe zerſtört und durchbricht. Alle Neubildungen bei den Algen, Pilzen, Moofen,

ſoweit ſie vegetativer Art ſind (Volvabildung der Hutpilze Ausnahme), geſchehen aus der freien Oberfläche oder wenigſtens ſo, daß der Scheitel des neuen Zweiges unmittelbar nach der Anlegung an der Oberfläche liegt.

In den bewurzelten Formenkreiſen der Equiſeten, Selaginellen, Lycopodiaceen, Farrenkräuter, Rhizocarpeen und Iſoëten treten ſolche Auszweigungen zuerſt auf. Durch kein Rudiment iſt das Erſcheinen ſolcher Wurzeln bei den Moofen angedeutet.

In keinem Theile des Pflanzenreiches iſt ein Uebergangſchritt ſo plötzlich, wie der von den wurzelloſen zu den bewurzelten.

In keinem Theile iſt die Divergenz des Charakters ſo groß und ſcharf umſchrieben, wie unter den vorigen Familien der ſogenannten Gefäßkryptogamen; in keinem andern Kreiſe aber iſt gleichwohl der genetiſche Zuſammenhang, die Blutsverwandtſchaft ſo augenſcheinlich in der Embryologie begründet.

Die Wurzel der höheren Pflanzen iſt, wenn nach der anatomischen Beſchaffenheit und dem Wachſthumsvorgang geurtheilt wird, ein umgewandeltes Stammgebilde, welchem mit Ausnahme der Lycopodiaceen, Iſoëten und ihrer nächſten Verwandten die Fähigkeit abhanden gekommen iſt, ſich aus dem Vegetationspunkt zu verzweigen.

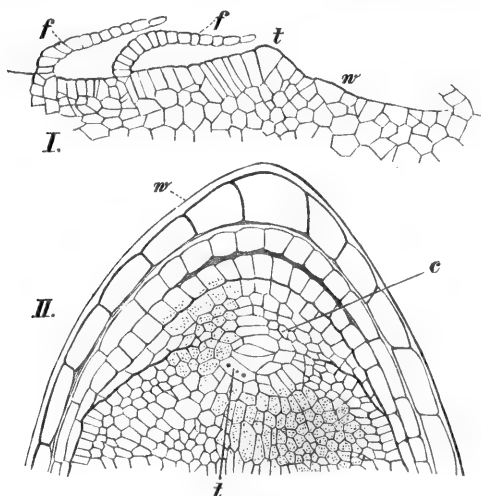


FIG. 128. *Aspidium filix*. I Scheitel des Stammes, *t* Scheitelzelle im Längſchnitt, *ff* die Spreuſchuppen, *w* Blattanlage. II Längſchnitt durch die Wurzelspitze deſſelben Farrenkrautes, bei *t* die Scheitelzelle, *c* die jüngeren Zellenlagen der Wurzelhaube, *w* die äußeren Zellenlagen derſelben (nach HOFMEISTER, Beiträge).

¹⁾ ALEX. BRAUN. Betrachtungen über die Erſcheinungen der Verjüngung in der Natur, inſbeſondere der Pflanze. Mit drei illuſtrirten Tafeln. 1851. Leipzig. W. ENGELM.

Vergleichen wir z. B. den Scheitel von Stamm und Wurzeln bei den Farrenkräutern, Fig. 128, so finden wir im axilen Längsschnitt für den Stamm in I, Fig. 128, die Scheitelzelle *t*, an welcher nach drei Richtungen Segmente abgeschieden werden. In einiger Entfernung von dem Scheitel entstehen die Anlagen der Wedel *w* und der Spreuschuppen *ff*. Die Wedelanlage kann nicht direct auf die Segmente der Scheitelzelle zurückgeführt werden. Der jüngste Ort an dem Stamm ist und bleibt für alle Dauer der Vegetation die Scheitelzelle *t*, welche dementsprechend auch genau in dem geometrischen Scheitel des Stammes liegt. Die Segmentirung für die Flächenansicht ergibt sich aus den Scalpen, welche von dem Scheitel abgezogen werden, Fig. 129 *AB*. Die Segmentbildung ist durch nachträgliche Theilung bald verwirft. An dem Scheitel entstehen die Spreuschuppen aus den Oberflächenzellen von zweierlei Gestalt als Cylinderketten, also gegliederte Haare, und als flache moosblatt-ähnliche Gebilde.

Die Theilungen an dem Scheitel der Farrenwurzel unterscheiden sich von dem Stammscheitel dadurch, daß die tetraëdrische Scheitelzelle *t*, Fig. 128 II, nach allen vier Seiten Segmente abscheidet. Drei davon, welche den Wänden in 1, 2, 3, 4, Fig. 129 *C*, entsprechen, gehören dem Wurzelcylinder, dasjenige Segment aber, welches durch eine parallel der freien Außenfläche stehende Wand abgeschieden wird, bildet die Anlage zu einer Schale der Wurzelhaube *c*, Fig. 128 II, daselbe theilt sich in dem Maß, wie die drei stammbildenden Segmente. So entstehen Schalen von paraboloidischer Form, welche die Wurzelspitze als Haube einhüllen. Die jüngste Schale von Zellen liegt in der Nähe der Scheitelzelle. Diese bewirkt somit durch ihre Theilungen, daß die Spitze der Wurzel nach zwei entgegengesetzten Richtungen einen Zuwachs erfährt. Das massive Paraboloid,

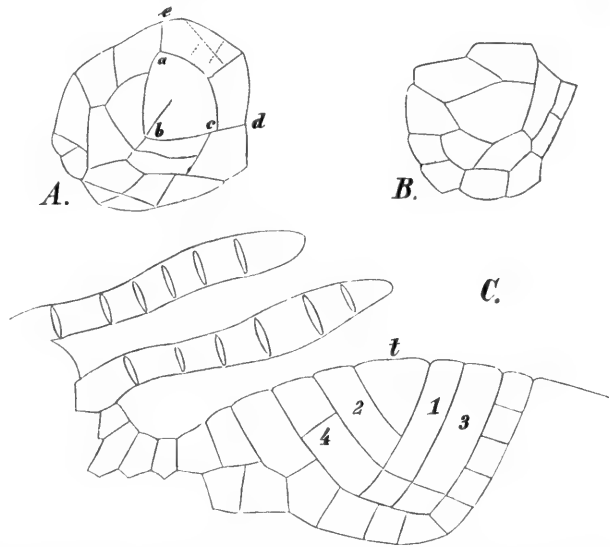


FIG. 129. *Aspidium filix mas.* *A, B* Scheitelzellgruppe nach der Photographie eines Scalp-Präparates. *A* Scheitelzellgruppe nach einem Photogramm, *a b c* die Scheitelzelle, *a c d e* die Gruppe von Zellen, welche auf das jüngste Segment zurückgeführt werden kann. *C* Längsschnitt durch dieselbe Knospe.

dessen Spitze von der Scheitelzelle beherrscht ist, wächst in akropetaler Richtung, die Wurzelhaube aber in der entgegengesetzten. Die Schalen derselben schülfern von außen nach innen ab in dem Maße, wie die Wurzelspitze in der Erde vorrückt. Der Vegetationspunkt der Wurzel ist und bleibt bedeckt und durch die älteren und derberen Zellschalen der Wurzelhaube geschützt. Der Vegetationspunkt des Stammes liegt frei an der Atmosphäre.

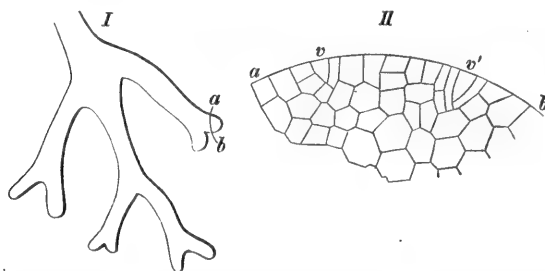


FIG. 130. *Psilotum triquetrum*. I kleine Parthie des dichotomen unterirdischen Stammes. II Scheitelgegend in der Region *a b* aus I stärker vergrößert, im Durchschnitt, *v v'* die beiden Scheitelzellen der eben entstehenden Gabeläste vor der Gabelung, man erkennt in ihnen die Segmentirung durch wechselnd nach zwei Richtungen geneigte Wände. Die Scheitelansicht würde eine dreiseitige Scheitelzelle zeigen.

In dem Verwandtschaftskreis der Gefäßkryptogamen kommt zwischen beiden Formen eine Mittelform vor, es ist der dichotomisch verzweigte unterirdische Stamm von *Psilotum triquetrum*, Fig. 130 I.

Ein Durchschnitt durch einen Ast der dichotomen Endigungen zeigt die Scheitelzellen

vv' mit der Segmentirung der Farrenwurzel. Die Wurzelhaube aber fehlt vollständig. Alle Zweige dieser unterirdischen Stammgebilde entstehen durch ächte Gabelung in der Nähe des Vegetationspunktes.

§ 18. Auftreten der Hautgewebe.

Ein constanter Zug in der Gliederung der Blattorgane und Zweige ist das Auftreten der Hautgewebe. Bei allen niederen Pflanzen bis einschließlich der Moose fehlen diese.

Hautgewebe

fehlend:

Algae,

Musci.

Hautgewebe vorhanden:

Scheitelzelle der Stämme nackt:

Equifeten,

Farrenkräuter,

Lycopodiaceen.

Scheitelzelle von den hautbildenden Zellen

bedeckt:

Gymnospermae,

Angiospermae.

Bei allen untersuchten Gefäßkryptogamen ist die Scheitelzelle der Stämme und Blätter frei, nicht von der Epidermis überzogen. Diese differenziert sich erst in einer tiefer gelegenen, also älteren Region. Mit dem Auftreten der Hautgewebe geht aber ein Zug parallel, es ist die Auflockerung

der Gewebe im Innern der Organe. Es entstehen luftführende Intercellarräume, welche durch das Hautgewebe nach der Atmosphäre ausmünden (vgl. Bd. I d. Handb. S. 198 ff.).

Wir wählen die Epidermis von den Wedeln der Farrenkräuter, um die Entwicklung der Stomata zu demonstrieren. In dem Maße wie der Pflanzentheil heranwächst, differenziert und theilt sich die Epidermisplatte, welche mehr oder weniger weit im axilen Längsdurchschnitt, Fig. 128 I, in die Nähe des Scheitels vorrückt, niemals aber mit ihren Initialen die Scheitelzelle selbst überzieht, in dieser Weise:

1^o von der Mutterzelle wird eine kleinere Tochterzelle *a b c* abgetrennt, Fig. 131. Die Lage der Tochterzelle ist nach keiner Richtung in der Ebene zu den vielfach gewundenen Epidermiszellen bestimmt. Sie theilt sich in zwei genau gleiche Tochterzellen und diese bilden den Spalt bei *d*, Fig. 131 A;

2^o vor der Entstehung der beiden Schließzellen werden mehrere Theilungen ausgeführt, so daß die Spaltöffnung schließlich in einem charakteristischen Complex von Zellen mehr oder weniger central liegt.

So theilt sich die Epidermis von *Cibotium*, Fig. 132, zweimal durch Wände, welche senkrecht zur Ebene stehen. Dadurch wird eine zweifachneidige Zelle gebildet, aus welcher endlich die Schließzellen *ss* hervorgehen, Fig. 133. Die Anordnung hat dann die größte Aehnlichkeit in der äußeren Configuration mit den zweifachneidigen Scheitelzellen und den nächsten Segmenten bei *Fissidens*, Fig. 112 S. 208, oben. (Man vergl. auch Bd. I, Fig. 202, wo eine dreieitige Anordnung herrscht.)

Im Durchschnitt senkrecht zur Ebene der Epidermisplatte gestaltet sich die Bildung der Schließzellen so, wie es Fig. 134 zeigt. Der ursprüngliche Complex von drei Zellen, welche aus einer Epidermiszelle hervorgegangen, ist in *A* scharfer ausgezogen. Die mittlere Zelle theilt sich genau symmetrisch in die beiden Schließzellen *ss*, Fig. 133 B. Die erste Anlegung

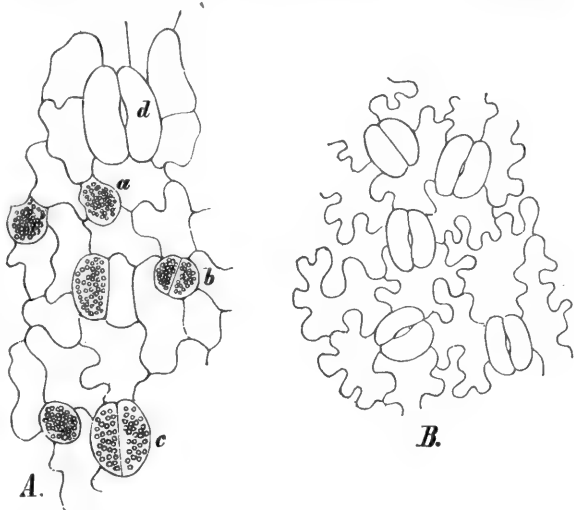


FIG. 131. Epidermis der Farrenkräuter. A *Osmunda regalis*, *a b c d* aufeinanderfolgende Zustände in der Entwicklung der Spaltöffnung. B *Marattia cicatifolia*, abgezogene fertig differenzierte Epidermis.

ist aber bei der Aнемia noch complicirter, wenn man die genaue stereometrische Lage der Anfangszelle *a* auffucht. Dieselbe erscheint in *A*, Fig. 134, im Durchschnitt durch die Epidermis als eine linsenförmige Zelle, welche durch



FIG. 132. Cibotium Schidei. Junge Epidermis.

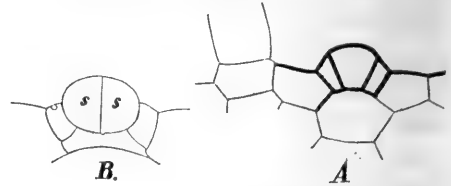


FIG. 133. Aneimia fraxinifolia. *A* Spaltöffnungszellen im Durchschnitt der Epidermis. *B* ebenso zur Zeit der Anlage der Schließzellen.

eine parallel der Außenfläche stehende gewölbte Wand abgechieden wurde. Die Mutter- und die Tochterzelle wachsen nun. Es entsteht die Anordnung *B*. Durch fymmetrische Theilung, wie in Fig. 131, entsteht die Spaltöffnung. *Pteris cretica* zeigt in der Theilung senkrecht zur Ebene der

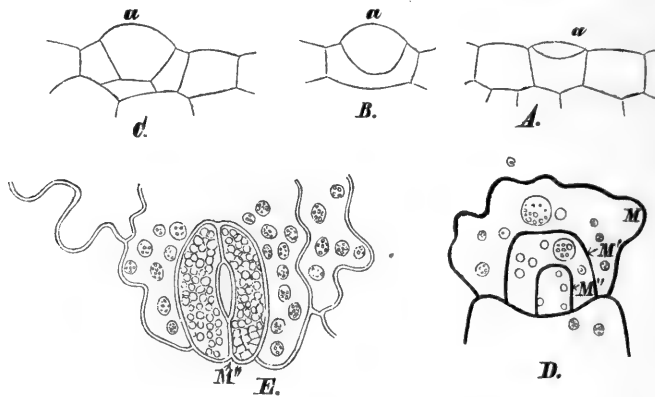


FIG. 134. Aneimia fraxinifolia. Ueber die Entwicklung der Farrenkrautspaltöffnungen. *A* die Epidermis im Durchschnitt senkrecht zu ihrer Fläche, theilt eine Zelle in *a*. *B* und *C* spätere Phasen von *A*. *D* *Pteris cretica*, die Zelle *M* theilt sich zweimal, *M'* *M''*. *M''* bildet die Schließzellen. (Nach HILDEBRANDT, Bot. Ztg. Jahrg. 24. Nr. 32.)

Epidermis eine noch weiter getriebene Complication. Die ursprüngliche Mutterzelle *M* theilt sich durch eine in der Projection hufeisenförmig gestaltete Wand *M'*. Diese Zelle des zweiten Grades wiederholt denselben Proceß in *M''*, in dieser endlich entstehen die Schließzellen, welche nun in Fig. 134 *E* im fertigen Zustande von zwei Epidermiszellen in charakteristischer Weise eingeschlossen erscheinen. Die Epidermis besteht bei der überaus größeren Mehrzahl der Pflanzen und Pflanzentheile aus einer einzigen Zellenplatte. In selteneren Fällen treten zwei Zellenplatten auf. Auch

betheiligen sich noch tiefer gelegene Gewebeparthieen an der Hautbildung (Gegenstand der vergleichenden Anatomie).

§ 19. Auftreten der blatteigenen Gefäßbündel.

Bei der Betrachtung der Stammanatomie der Moose wurde schon auf Rudimente der Gefäßbündel aufmerksam gemacht, welche dort indeß nicht zur deutlichen Ausbildung gelangen. Bei allen bewurzelten Gefäßkryptogamen läßt sich zeigen, daß das Gefäßbündelsystem sich zweien Anforderungen angepaßt hat: es dient der Leitung und befestigt das Auszweigungssystem. Je nach der Lebensweise der Pflanzen tritt es mehr oder weniger stark entwickelt auf. Die wasserbewohnenden Pflanzen zeigen in der Regel eine geringere Ausbildung, die Landbewohner dagegen eine Steigerung der Zellelemente im Gefäßbündel, welche zur Festigkeit beitragen.

Ein gemeinsamer Zug unterscheidet das Fibrovasalsystem der Kryptogamen von demjenigen des nächst höheren Verwandtschaftskreises. Die einzelnen Bündel zeigen niemals einen dauernden Zuwachs, sondern beenden im ersten Jahre oder allgemein rasch nach der Entfaltung ihr Dickenwachsthum. Eine Uebereinstimmung in den feineren Zügen der Histologie besteht bei den einzelnen Familien der höheren Kryptogamen so wenig, wie in der äußeren Form. Es möge daher die Anordnung der Gefäßbündel in dem nächsten Abschnitt im Anschluß an die Lehre von der Blattstellung und die feineren Züge der Histologie bei der vergleichenden Untersuchung über die Entwicklung abgehandelt werden.

A. Stellungsgesetze der Blätter und Zweige.

Die große Mehrzahl der Seitenzweige entsteht als Axillarsprosse, ihre Stellung ist daher dieselbe wie diejenige der Blätter. Ausnahmen hiervon sind unter der vergleichenden Morphologie der einzelnen Familien berücksichtigt. Die nachfolgende allgemeine Darlegung gilt auch für die cyklisch beblätterten Moose. Eine Zurückführung der Blattanlagen auf Zellen ersten Grades zur Scheitelzelle ist nur noch möglich bei den höheren Kryptogamen (Equiseten und Lycopodiaceen), während wir es bei den Gymnospermen und Phanerogamen immer mit halbkugligen oder ellipsoidischen vielzelligen Warzen zu thun haben, welche mehr oder weniger dicht gedrängt an der Knospe entstehen.

1. Aufsteigende Entwicklung.

In der überaus großen Mehrzahl der Fälle entstehen die Blätter und seitlichen Organe allgemein in der Reihenfolge von dem älteren nach dem

jüngeren Stammtheile, so daß stets das jüngste Blatt das nächste Gebilde an dem Vegetationspunkt ist.

2. Absteigende Entwicklung.

Nur bei einigen Blüthen verläuft das Auftreten der sichtbaren Blattwarzen so, daß das obere Blattgebilde dem unteren vom Vegetationspunkt entfernteren vorausseilt (Capparideen, Cistineen, m. f. PAYER, Organogénie d. l. fleur). Dieß ist jedenfalls in räumlichen Verhältnissen begründet, da bei der allmäligen Streckung der Organe nach oben und außen rascher Platz gewonnen wird wie nach unten.

3. Geometrisches Gesetz¹⁾.

Mit wenigen Ausnahmen für den entwickelten Blättersproß (*Luzula* u. a. m., f. HOFMEISTER, Allg. Morphologie) und mit Ausnahme der ersten in einer Knospe entstehenden Blätter besteht in der Lage der seitlichen Gebilde eine strenge Gesetzmäßigkeit, welche von C. W. SCHIMPER und A. BRAUN zuerst in geometrischer Form ausgesprochen wurde. Zunächst fallen zwei wesentlich verschiedene Typen für den fertigen Zustand auf:

1⁰ in je einem gegebenen Niveau des Stammes steht nur ein einziges Blatt (resp. Seitenzweig oder Axillarknospe). Diese Stellung mag einstweilen die cyklische Blattstellung genannt werden;

2⁰ in einem gegebenen Niveau stehen 2, 3, 4, 5 u. f. f. Blattgebilde, welche sich meistens in den Kreis, welcher als Querschnittsprojection des Stammes gilt, so theilen, daß die Winkel zwischen allen Einfügungspunkten gleich sind: die quirl- oder wirtelförmige Blattstellung.

Je eine dieser Stellungen, beziehentlich Blattzahlen, ist im Allgemeinen der gegebenen Pflanzenart constant eigenthümlich. Auch in der Zahl der Glieder für die Stellung unter 2⁰ herrscht für die Art Constanz²⁾.

In den Vordergrund bei der weiteren Betrachtung muß nun die Entwicklungsgegeschichte gestellt werden.

¹⁾ C. W. SCHIMPER, Ueber Symphytum Zeiherei. — A. BRAUN, Ueber die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen. — NAUMANN, Ueber den Quincunx. — Prof. A. BRAUN, Blattstellungsverhältnisse der Sonnenblume. 299. Bot. Ztg. 65. — JOH. HANSTEIN, Ueber den Zusammenhang der Blattstellung mit dem Bau des dicotylen Holzringes. S. 233. Pr. Jahrb. Bd. I. — NÄGELI, Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. Leipzig. 1858. S. 1 ff. — W. HOFMEISTER, Ueber die Frage: Folgt der Entwicklungsgang beblätterter Stengel dem langen oder dem kurzen Wege der Blattstellung? Bot. Ztg. 67. — W. HOFMEISTER, Ueber die Zellenfolge im Axenscheitel der Laubmoose. 441. 457. 473. Bot. Ztg. 70. — N. J. C. MÜLLER, Vegetationspunkt der Decussirten. PRINGS. Jahrb. Bd. V. Bot. Ztg. 1868. Bot. Unterf. Bd. I. S. 427 ff.

²⁾ Ausnahmen und Uebergänge zwischen zwei und drei Gliedern in einem Wirtel (Quirl) kommen gelegentlich vor (Eiche, Ahorn u. a. m.).

Die cyklische Stellung entsteht in Wirklichkeit dadurch, daß das primäre oder Axengebilde, von welchem sich das Blatt abzweigt, zwischen dem Zeitpunkt, wo das erste Blatt entsteht und zwischen demjenigen für das zweite Blatt merklich, wenn schon nur um mikroskopisch kleine Distanz, in die Länge gewachsen ist. Bei der nachträglichen Streckung wird alsdann der anfänglich mikroskopisch kleine Unterschied im Niveau zweier Blätter um das vielhundert- oder vieltausendfache vergrößert.

Die unter 2^o genannten Stellungen entstehen so, daß der Zuwachs des rückwärts vom Vegetationspunkt gelegenen Stammtheiles zwischen zwei der Anlegung zweier Blätter entsprechenden Zeitintervallen verschwindend klein ist. Somit entsteht auch nur ein verschwindend kleiner Niveauunterschied für den fertigen Zustand.

Die Regel nun, welche ursprünglich von SCHIMPER zur Ermittlung des Stellungsverhältnisses angegeben wurde, ist diese:

Man verbinde an einem Laubproß von einem gegebenen Ausgangsblatte alle Blätter nach oben und unten durch eine continuirliche Schraubenlinie, indem man vom jüngeren nach dem nächst älteren Blatte in der gleichen Richtung fortschreitet. Damit beschreibt man den Weg der Grundspirale. Notirt man die Anzahl der Stammumläufe bis zu demjenigen höheren Blatte, welches genau über dem Ausgangsblatte steht, so erhält man Zahlen, welche in dieser Reihe liegen:

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 u. f. f.

Notirt man die Zahl der Blätter auf dem letzteren Weg, so erhält man ebenfalls Zahlen aus dieser Reihe. Die Zahl aber, welche jetzt im gegebenen Falle gefunden wird, ist größer als die Zahl der Umläufe. Setzt man sie in den Nenner eines Bruches, in welchem die zugehörige Zahl der Umläufe den Zähler bildet, so erhält man einen ächten Bruch, welcher den Winkel der seitlichen Divergenz der Blattformung angibt; solche Winkel sind z. B.

$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \frac{13}{34} \dots$ oder

$\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{5}{8}, \frac{8}{13}, \frac{13}{21}, \frac{21}{34},$

je nachdem man in dem gegebenen Falle die Blätter nach dem langen Weg (die letzte der vorstehenden Reihen) oder nach dem kurzen (die erste der vorstehenden Reihen) verbindet.

a) Recurrente Reihen eingehalten¹⁾.

Recurrente Reihen können in diesem Sinne gebildet werden in der Weise, daß alle darin vorkommenden Zahlen unter sich relative Primzahlen sind, z. B.

¹⁾ L. & A. BRAVAIS, *Essai sur la disposition d. feuilles. Ann. d. scienc. nat. Bot.* 1839. S. 70 ff. *Nous sommes arrivés à la connaissance d'un premier angle, celui de 137° 30'*

I. Serie: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, die zugehörige Bruchreihe ist $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}$, alle Werthe sind zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ gelegen.

II. Serie: 1, 3, 4, 7, 11, 18, die zugehörigen Werthe sind $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{2}{7}, \frac{3}{11}, \frac{5}{18}$; alle Werthe sind kleiner als $\frac{1}{3}$.

III. Serie: 1, 2, 5, 7, 12, 19, die zugehörigen Werthe sind $\frac{3}{7}, \frac{5}{12}, \frac{8}{19}, \frac{13}{31}$; die sämtlichen Werthe alle zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ belegen.

Der Näherungswerth A kann so geschrieben werden:

$$A = \frac{1}{\alpha + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}$$

worin die Kette zusammengezogen werden kann in

$$A = \frac{1}{\alpha + R}.$$

28^u, en comparant entre elles, sur la même plante ou sur des plantes différentes, les spirales apparentes de feuilles, qui forment toujours une série recurrente dont les nombres sont 1, 2, 3, 5, 8, 13 etc. Nous avons vu qu'en supposant placées sur la verticale les feuilles 2, 3, 5, 8, 13 . . ., nous avons pour divergences de leur spire génératrice la série de fractions

qui sont les réduites successives de la fraction continue périodique

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}$$

Mais comme toutes les fois que le nombre des feuilles augmente, la fraction qui mesure la divergence approche du dernier terme de cette série, nous avons été obligés de reconnaître dans beaucoup de plantes, pour la divergence des feuilles ce même dernier terme dont la formule est $\left(\frac{3 - \sqrt{5}}{2}\right)$ (Seite 74).

Avec la série recurrente 1, 3, 4, 7 nous formerons de même la suite des fractions

donc le dernier terme sera $\frac{5 - \sqrt{5}}{10}$.

Une troisième série comprendra les fractions $\frac{1}{5}, \frac{2}{9}, \frac{3}{14}$ dont le dernier terme sera $\frac{7 - \sqrt{5}}{22}$; les spirales du système irrationnel seront 1, 4, 5, 9, 14.

Un second ordre de séries recurrentes commencera par les nombres 2, 5, 7, 12, 19 . . . et donnera les fractions $\frac{3}{7}, \frac{5}{12}, \frac{8}{19}$. . . et enfin $\frac{7 + \sqrt{5}}{22}$.

Un troisième ordre sera dû à la série recurrente 3, 7, 10, 17, 27 . . . et fournira de même une série de fractions entières pour les divergences d'autant de systèmes rectisérés, et enfin un système irrationnel particulier (S. 75).

$$R = \frac{I}{I + \frac{I}{I + \frac{I}{I + \dots}}} \text{ und es gibt } n\text{-Partialbrüche.}$$

Setzt man $R = \frac{Nn}{Dn}$, so ist

$$Nn = \frac{I}{\sqrt{5}} \left[\left(\frac{I + \sqrt{5}}{2} \right)^n - \left(\frac{I - \sqrt{5}}{2} \right)^n \right].$$

α) Grundspirale.

Die Grundspirale verbindet in einer stetig in derselben Richtung ansteigenden Schraubenlinie oder Spirale alle Blätter, somit die natürliche

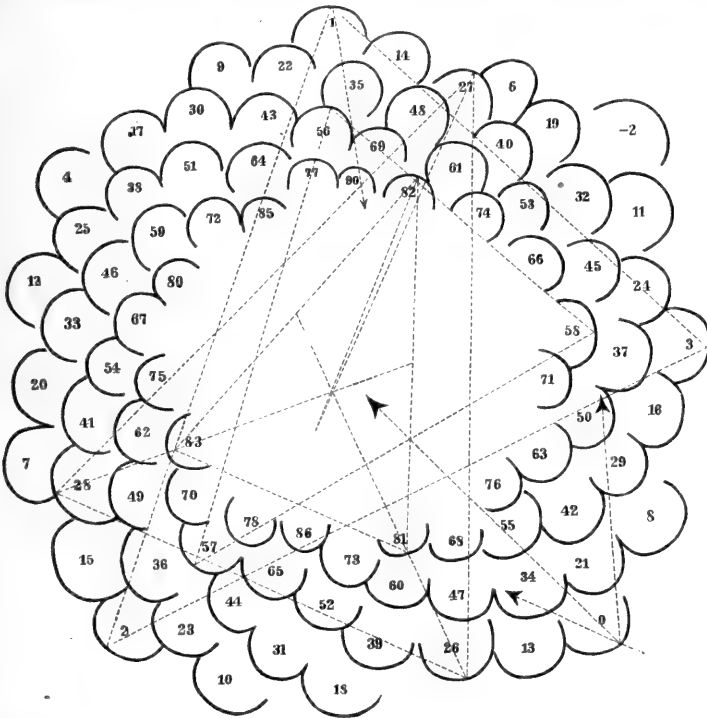


FIG. 135. Querschnitt einer Fichtenknospe, alle Blattanlagen von dem älteren 0 nach dem jüngeren 90 mit Zahlen belegt; Hilfslinien durch die Blätter 0, 1, 2, 56, 57, 58; drei Pfeile, einer von 0 nach 27, der andere von 0 nach 34, der dritte von 0 nach 55.

Zahlenreihe 0, 1, 2, 3, wobei kein Blatt ausgelassen werden darf. Diese experimentelle Aufgabe ist leicht zu lösen bei allen langgestreckten armblättrigen Zweigen (unsere Laubbäume, z. B. alle Laubblattzweige). Schwieriger wird sie, wenn die Blattgebilde dicht gedrängt stehen, wie z. B. in der Compositeninflorescenz oder im Tannenzapfen (vergl. Fig. 135).

Fig. 133 in der Querschnittsebene je weiter nach der Spitze, immer kleinere Kreisquerschnitte zeigt, so verlaufen die gedachten Verbindungslinien in der That im Spiral. Dieselben Linien sind im aufgewickelten Cylinder, Fig. 136, Schiefzeilen, welche hier durch Gefäßspuren verbunden sind.

γ) Beziehungen zwischen Grund-, Seitenspiralen und Orthostichen¹⁾.

I. Beziehung der Anzahl.

In jeder Paraftiche ist der n te Theil der Blattgebilde enthalten, welche die Grundspirale verbindet. n ist die Anzahl der ge-

¹⁾ *Laboratory notes by Professor Tail. Proceedings of the royal soc. of Edinburgh.* 1870—1871. S. 381. Es möge in Aa daselbe Blatt in dem aufgewickelten Zweig oder Tannenzapfen dargestellt sein, in O ein anderes Blatt, welches von A durch m Schritte auf einer rechtsumläufigen Spirale erreicht werden kann, welche in die gerade Linie AO aufgewickelt ist und durch n Schritte von a auf dem Wege einer linksumläufigen Spirale entfernt ist. Diese Spiralen können allgemein so gewählt werden, daß m und n kleine Zahlen, 3, 5, 8, 13 . . . sind, doch sie müssen und können immer so gewählt werden, daß m Spiralen parallel zu aO , und n Spiralen parallel zu AO , jede für sich ein System bilden, welches alle Blätter des Cylinders (Stammes) oder Kegels (Zapfens) enthält.

Haben m und n einen gemeinsamen Theiler λ , so sind $\lambda - 1$ Blätter außer A auf derselben Linie Aa eingefügt. Die Anordnung ist zusammengesetzt und es existiren alsdann λ verschiedene Grundspiralen. Sind m' und n' die Quotienten aus m und n durch λ , so sind diese wie m und n weiter unten zu behandeln und dieser Fall fällt dadurch mit dem einfacheren zusammen und braucht nicht weiter verhandelt zu werden.

Es ist einleuchtend, daß, um die Grundspirale zu suchen, wir das zu Aa nach O zu nächste Blatt wählen müssen, als dasjenige, welches auf A oder a folgt. Die Spirale wird rechtsumläufig, wenn P , sie wird linksumläufig, wenn p das Blatt ist. Selbstredend können wir im ersteren Fall eine linksumläufige Spirale und eine rechtsumläufige im letzteren Fall bilden, doch wird alsdann die Divergenz größer als zwei Rechte, und dieß scheint die Mehrzahl der Botaniker zu vermeiden.

Zieht man PQ parallel zu aO und p parallel zu AO , so besteht die geforderte Bedingung:

$$\frac{n}{m} AQ - PQ \quad \text{oder} \quad \frac{m}{n} aq - pq$$

müssen so klein wie möglich sein.

Ist ferner $\frac{\mu}{\nu}$ die letzte Convergente zu $\frac{m}{n}$ und $\frac{\mu}{\nu} > \frac{m}{n}$, so ist klar, daß, um nach P zu kommen, wir μ Blätter in der Richtung AQ und ν in der Richtung QP zählen müssen. Ist hingegen $\frac{\mu}{\nu} < \frac{m}{n}$, so zählen wir ν Blätter in der Richtung aq und μ längs qp . Sind P und p so gefunden, so ist damit das nächste Blatt nach der Grundspirale gerechnet zu A oder a bestimmt, das nächstfolgende wird auf demselben Wege gefunden.

Es ist nicht nöthig, die Entwicklung, wie sie oben gegeben, auf einen Umgang um den Kegel zu beschränken. Vorausgesetzt, wir gehen mehrmals um den Kegel, und $A, a, a, u. f. f.$ sind aufeinanderfolgende Positionen desselben Blattes. Die Betrachtungen

gegebenen Paraftichen. In jeder Orthoftiche fteht der m te Theil, wo m gleich der Anzahl der Orthoftichen ift. Nehmen wir an, es feien an einem gegebenen Tannenzapfen oder einer Inflorefcenz gefunden fünf fteifte Paraftichen nach links, acht fteifte Paraftichen nach rechts gewunden, fo ift in einer der fünf der fünfte, in einer der acht der achte Theil aller durch die Grundfpirale verbundenen Blätter enthalten, und es muß die nächft höhere Orthoftiche die dreizehn fein, in welcher je der dreizehnte Theil aller Blätter verbunden wird. Die orthoftiche Geradzelle läuft dann weder links noch rechts, fondern parallel der Stammaxe.

II. Beziehung der Richtung.

In jedem System ift die Richtung der Grundfpirale aus diefer Gefetzmäßigkeit zu finden, wenn durch die Beobachtung die Richtung zweier aufeinander folgender Seitenfpiralen beftimmt ift.

Es möge aus der Beobachtung gegeben fein an einem fehr complicirten Zapfen oder einer Inflorefcenz-Knofpe u. f. f. die 55. Paraftiche von rechts nach links, die 34. von links nach rechts, fo muß die nächft niedere 21. wie die 55., die 13. wie die beobachtete 34. u. f. f. verlaufen.

55 *l.* o. 55,

34 *r.* o. 34,

21 *l.* o. 21,

13 *r.* o. 13,

8 *l.* o. 8,

5 *r.* o. 5,

von früher jetzt angewandt, ergeben diefelben Refultate. Aber diefe Ausdehnung befähigt uns mehr und mehr annähernd, zuweilen ganz genau, einen rechten Winkel $A O a$ zu erreichen, wo o ein Blatt ift, welches nach mehreren Umgängen der Grundfpirale erreicht wird. Dieß deutet an, daß die Blätter mehr oder weniger genau in parallel zur Axe des Stammes laufenden Linien geordnet werden können. Kann dieß genau erreicht werden, fo ift leicht einzufehen, daß (da eins von $\frac{n}{v}$, $\frac{m}{\mu}$ größer, das andere kleiner als die Anzahl der Blätter in einem Umlauf der Grundfpirale) die Differenz im Azimuth zweier aufeinanderfolgender Blätter in der Formel

$$2\pi \frac{r\mu + sv}{rm + sn}$$

ausdrückbar ift, worin s und r nothwendigerweife kleine positive Beftandtheile (integers) in allen gewöhnlichen Fällen der Blattftellung find, da fie die Anzahl der Blätter in AR , Ro darftellen, welche letztere Theile der Spiralen find, auf welchen m und n gemeffen wurden.

Der Bruch $\frac{r\mu + sv}{rm + sn}$ ift die Divergenz der Grundfpirale genannt worden. In ihm find die Zahlen $m n r s$ auf einmal aus der Abmusterung eines beliebigen Stammes oder Kegels gegeben und aus m und n find μ und v leicht zu berechnen.

$$\begin{array}{lcl} 3 & l. & o. \quad 3, \\ 2 & r. & o. \quad 2, \\ 1 & l. & o. \quad 1. \end{array}$$

Die Einerspirale aber ist die Grundspirale, deren Richtung bestimmt werden sollte. Damit ist die Aufgabe, die Richtung der Grundspirale zu bestimmen, im experimentellen Sinne gelöst, und es handelt sich lediglich noch darum, die allgemeine Gültigkeit derselben für die Hauptreihe von Divergenzen theoretisch zu erweisen.

III. Zahlentheoretische Herleitung der Regel.

Bei der Betrachtung der SCHIMPER-BRAUN'schen Blattstellungs-Lehre, die sich hauptsächlich mit dem fertigen System eines verzweigten Stengels beschäftigt, treten zwei Probleme an den Beobachter heran:

a) Wenn eine $\frac{P}{Q}$ -Spirale nach der BRAUN'schen Definition vorliegt, wo bekanntlich P und Q relative Primzahlen sind, und es ist die Richtung derselben gegeben, welches ist dann die Beziehung in Zahl und Richtung der noch möglichen steilsten Seitenspiralen (Paraftichen) zur Grundspirale?

b) Wenn an einem Zweigsystem die Auszweigungen so geringe Höhendistanzen haben, daß die Grundspirale nicht mehr hineinonstruiert werden kann, die steilsten Paraftichen aber noch kenntlich sind, so soll aus Zahl und Richtung der Paraftichen gefunden werden der Bruch $\frac{P}{Q}$

und die Richtung der Grundspirale. Zu den allgemeinen Bestimmungen über die Grundspirale und die Paraftichen gehören die folgenden, wenn wir keine Rücksicht auf Abweichungen der Hauptaxe von der Cylindergestalt nehmen:

Die Grundspirale entsteht durch Verbindung aller Punkte (resp. Infer-tionsebenen), deren Abstand ist: $\frac{P}{Q} 2\pi$. (Wenn wir es mit dem Kreis als

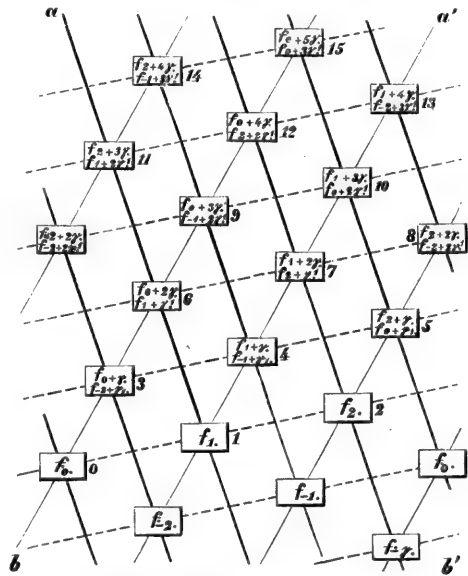


FIG. 137. Schema eines aufgewickelten Stammcylinders. Die punktierte Linie ist die Grundspirale, die schwächer ausgezogene verbindet die Blätter von f_1 aus mit dem Zahlenwerth γ , die stärker ausgezogenen mit dem Werth γ' (vergl. den Text S. 250).

Cylinderquerschnitt zu thun haben, dessen Radius = 1 gesetzt ist.) Um diesen Abstand ist das 2. Blatt von dem 1., das 3. von dem 2. entfernt u. s. f. Suchen wir den Abstand des 1., 2., 3. ... n ten Blattes von einem festen Ausgangsblatt, so ist dieser 1. $2\pi \frac{P}{Q}$, 2. $2\pi \frac{P}{Q}$... $n 2\pi \frac{P}{Q}$, wo also n alle ganzen Zahlen durchläuft. Die steilsten Seitenspiralen (Paraftichen) entstehen durch Verbindung derjenigen Infertionspunkte, deren seitliche Divergenz nicht $\frac{P}{Q} 2\pi$, sondern $\frac{1}{Q} 2\pi$ beträgt. Es lassen sich immer zwei Systeme solcher auffinden, bei welchen alle Einzelfeitenspiralen des einen nach rechts, die des andern nach links gewunden sind. Eine allgemeine Eigenschaft der Anzahl solcher Spiralen in dem einen und andern System ist, daß die Anzahl in dem einen γ zu der Anzahl γ^1 der andern addirt Q gibt, dafern $\frac{P}{Q}$ der Voraussetzung nach ein solcher ächter Bruch ist, daß Zähler und Nenner relative Primzahlen sind. Es soll über γ und γ^1 noch die Bestimmung getroffen sein, daß $\gamma < \gamma^1$.

Als erstes Problem sollen die Beziehungen der steilsten Paraftichen gefunden werden zu dem constanten Verhältniß $\frac{P}{Q}$. Wir bedienen uns des abgewickelten Cylinders Fig. 137 und wählen als $\frac{P}{Q}$ -spirale die Divergenz $\frac{3}{8}$.

Das Problem fordert zunächst die Zahl der Paraftichen. Als Bedingung der Lage eines Punktes in einer dieser Spiralen haben wir die Gleichung

$$1^0 \quad \varphi n + \gamma = \varphi n \pm \frac{2\pi}{Q},$$

welche ausagt, daß von einem Infertionspunkt, der beziffert ist φn und als Ausgangspunkt angesehen wird, zu einem andern Punkt geschritten werden soll, der um $\frac{2\pi}{Q}$ von φn nach links oder rechts entfernt ist und dessen Zahl um γ größer ist als die des Ausgangsblattes. Die Zahl γ in dem Index links soll bestimmt werden. Multipliciren wir γ mit P und dividiren das Product durch Q , so können wir zum Rest erhalten $+1$ oder -1 . Wir erhalten zwei Gleichungen, welche diese Operationen darstellen:

$$2^0 \quad P\gamma = \alpha Q + 1; \quad P\gamma^1 = \beta Q - 1,$$

da wir von einem festen Punkt nach rechts hin und nach links gehen können, um der Anforderung der obigen Gleichung 1⁰ zu genügen. Gehen wir in unserem Schema nach rechts, so möge die Zahl γ , gehen wir nach links, so möge sie γ^1 heißen. In der Figur haben die Einzelpunkte nur eine Benennung, nach dem Vorstehenden kommen denselben drei verschiedene Benennungen zu, je nachdem wir sie im Sinne der Grundspirale oder im Sinne

einer der zwei Paraftichen mit einander verbinden. Addiren wir die beiden Gleichungen in 2^0 , fo kommt:

$$3^0 \quad P(\gamma + \gamma^1) = Q(\alpha + \beta).$$

In unferein Schema könnte γ der geometrifchen Bedeutung nach fo-wohl die Zahl 3 fein, und fo ift die Benennung der Punkte ausgeführt, als auch die Zahlen 5, 7, 9 Die Definition der «Grund-Spirale» der SCHIMPER-BRAUN'fchen Lehre aber fordert die kleinfte Zahl, welche der Bedingung der Gleichung 1^0 genügt. In unferein Schema ift $\gamma = 3$, $\gamma^1 = 5$. Die Bedingungsgleichungen für den Werth von γ und γ^1 unter 1^0 verlangen, daß γP und $\gamma^1 P$ durch Q getheilt werden können. Da nun P nicht durch Q getheilt werden kann (nach der Definition von $\frac{P}{Q}$), fo muß $(\gamma + \gamma^1)$ durch Q theilbar fein. Nach der SCHIMPER-BRAUN'fchen Definition einer Spirale müffen γ und γ^1 für fich kleiner als Q fein. Es können mithin auf Paraftichen nur folgende Punkte liegen:

1. Paraftiche $\varphi^0, \varphi^0 + \gamma, \varphi^0 + 2\gamma, \varphi^0 + 3\gamma$.
2. » $\varphi^1, \varphi^1 + \gamma, \varphi^1 + 2\gamma, \varphi^1 + 3\gamma$.
3. » $\varphi^2, \varphi^2 + \gamma, \varphi^2 + 3\gamma$. . .
4. » .
- . » .
- . » .
- . » .
- γ . » $\varphi\gamma - 1, \varphi\gamma - 1 + \gamma$

Die Anzahl diefer Spiralen ift γ , ihre Divergenzwinkel $\frac{2\pi}{Q}$ und

1. Paraftiche $\varphi^0, \varphi^0 + \gamma^1\varphi^0 + 2\gamma^1, \varphi^0 + 3\gamma^1$
2. » $\varphi^1, \varphi^1 + \gamma^1\varphi^1 + 2\gamma^1, \varphi^1 + 3\gamma^1$
3. » $\varphi^2, \varphi^2 + \gamma$
- . » .
- . » .
- . » .
- . » .
- γ^1 . » $\varphi\gamma^1 - 1, \varphi\gamma^1 - 1 + \gamma^1$

Die Anzahl diefer Spiralen ift γ^1 , ihre Divergenz $\frac{2\pi}{Q}$; wenn man in beiden Fällen mit NÄGELI vom o-Blatte die Bezifferung anfängt. Nach der NÄGELI'fchen Bezifferungsweife, der SCHIMPER-BRAUN'fchen Definition derjenigen Verbindungslinie, welche man Grundfpirale nennt, und nach der SCHIMPER-BRAUN'fchen Definition des Bruches $\frac{P}{Q}$ hat man also aus dem Vorftehenden den ganz allgemeinen Satz:

Zu einer jeden $\frac{P}{Q}$ -spirale gehören zwei Systeme steilster Spiralen, von welchen das eine γ -, das andere γ^1 -zählig ist, und γ und γ^1 so bestimmt sind, daß

$$\gamma + \gamma^1 = Q \text{ und } \frac{P\gamma}{Q} \text{ zum Rest läßt } +1.$$

Sind alle diese Relationen erfüllt, so ist die Richtung der Grundspirale die der γ -spiralen. Die γ^1 -spiralen steigen in entgegengesetzter Richtung.

Das zweite Problem ist nur die Umkehrung des ersten und findet in der Praxis der Bestimmung des Blattstellungsverhältnisses seine Verwendung. Wenn nur die steilsten Parastichen bekannt sind ihrer Zahl und

Richtung nach, so soll die Richtung der Grundspirale und der Bruch $\frac{P}{Q}$ bestimmt werden. Wir wissen, daß die Grundspirale der Formel genügt

$$\varphi n = \frac{2\pi}{Q} Pn \text{ und ihre Definition ist, daß sie alle Insertionspunkte berührt.}$$

Da wir γ und γ^1 durch Abzählung bestimmen, so können wir mit diesen nach den obigen Relationen zunächst P und Q bestimmen nach den Gleichungen

$$1^0 \quad P\gamma = 1 + \alpha Q,$$

$$2^0 \quad P\gamma^1 = 1 + \beta Q.$$

Man hat, indem 1^0 mit β , 2^0 mit α multiplicirt und 2^0 von 1^0 abgezogen wird:

$$\alpha + \beta = P(\beta\gamma - \alpha\gamma^1) \text{ und hieraus } P = \frac{\alpha + \beta}{(\gamma\beta - \alpha\gamma^1)}.$$

Ferner indem man in 1^0 mit γ^1 , in 2^0 mit γ multiplicirt und 2^0 von 1^0 abzieht:

$$Q = \frac{\gamma + \gamma^1}{\beta\gamma + \alpha\gamma^1}.$$

Da nun P und Q ganze Zahlen sein sollen, so muß $\beta\gamma - \alpha\gamma^1 = \pm 1$ sein; dieß ist nur dann der Fall, wenn $\beta < \gamma^1$ und $\alpha < \gamma$ und wenn γ und γ^1 keinen gemeinsamen Theiler haben. Ist in der Lösung der Gleichung das obere Zeichen giltig, bleibt zum Rest $+1$, so steigt die Grundspirale wie die γ -spiralen; gilt das untere Zeichen, so steigt sie wie die γ^1 -spiralen. In der Figur ist die Bedeutung von α , β , γ , γ^1 demonstriert, so daß es jedem Leser ein Leichtes sein wird, diese Methode auf jeden Fall einer $\frac{P}{Q}$ -spirale anzuwenden. Wir erhalten für die Reihe $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, $\frac{13}{34}$. . . die nachfolgende Tabelle für α , β , γ , γ^1 und die aus dem Obigen entstandenen wichtigen Quotienten.

In der Tabelle ist noch die Richtung derjenigen Spirale angegeben,

welche man den langen Weg nennt. Handelt es sich darum, wie meistens in der experimentalen Anwendung der SCHIMPER-BRAUN'schen Gesetzmäßigkeit, an einem vorliegenden Object, etwa einem Tannenzapfen oder einer Compositeninflorescenz oder a. m., das Blattstellungsverhältniß und die Richtung der $\frac{P}{Q}$ -spirale zu bestimmen, bezogen auf den kurzen Weg, so hat man nur nöthig, folgendes Verfahren einzuschlagen: Man fucht die steilsten Parastichen, notirt deren Zahl und Richtung, geht mit den Zahlen in die letzte Tabelle ein und bestimmt P und Q , und findet die Richtung der $\frac{P}{Q}$ -spirale in der letzten Colonne aus dem Quotienten der vorhergehenden.

$\frac{P}{Q}$ spirale	γ	γ^1	α	β	$P = \frac{\beta + \alpha}{\beta\gamma - \alpha\gamma^1}$	$Q = \frac{\gamma^1 + \gamma}{\beta\gamma - \alpha\gamma^1}$	
$\frac{2}{5}$	2	3	1	1	$P = \frac{2}{-1}$	$Q = \frac{5}{-1}$	$-\frac{2}{5} + \frac{3}{5}$
$\frac{3}{8}$	3	5	1	2	$\frac{3}{1}$	$\frac{8}{1}$	$+\frac{3}{8} - \frac{5}{8}$
$\frac{5}{13}$	5	8	2	3	$\frac{5}{-1}$	$\frac{13}{-1}$	$-\frac{5}{13} + \frac{8}{13}$
$\frac{8}{21}$	8	13	3	5	$\frac{8}{1}$	$\frac{21}{1}$	$+\frac{8}{21} - \frac{13}{21}$
$\frac{13}{34}$	13	21	5	8	$\frac{13}{-1}$	$\frac{34}{-1}$	$-\frac{13}{34} + \frac{21}{34}$
$\frac{21}{55}$	21	34	8	13	$\frac{21}{1}$	$\frac{55}{1}$	$+\frac{21}{55} - \frac{34}{55}$

$\frac{P}{Q}$	γ links rechts }	γ^1 { rechts links }	$\frac{P\gamma}{Q}$ läßt zum Rest + 1	Die $\frac{P}{Q}$ - spirale steigt wie	
$\frac{1}{2} \frac{1}{3}$ Reihe	$\frac{2}{5}$	2	3	— 1	die γ^1 spir.
	$\frac{3}{8}$	3	5	+ 1	γ »
	$\frac{5}{13}$	5	8	— 1	γ^1 »
	$\frac{8}{21}$	8	13	+ 1	γ »
	$\frac{13}{34}$	13	21	— 1	γ^1 »
	$\frac{21}{55}$	21	34	+ 1	γ »
	$\frac{34}{89}$	34	55	— 1	γ^1 »
	$\frac{55}{144}$	55	89	+ 1	γ »
$\frac{1}{3} \frac{1}{4}$ Reihe	$\frac{2}{7}$	3	4	— 1	γ^1 »
	$\frac{3}{11}$	4	7	+ 1	γ »
	$\frac{5}{18}$	7	11	— 1	γ^1 »
	$\frac{8}{29}$	11	18	+ 1	γ »
	$\frac{13}{47}$	18	29	— 1	γ^1 »

IV. Anwendung der Regeln auf die Wirtelstellung.

Sind in einer Querschnittsebene mehrere Insertionspunkte äquidistanter Auszweigungen, so findet man für die Zahlen γ und γ^1 einen gemeinsamen Theiler. Die Zahl dieser gemeinschaftlichen Theiler kann $1, 2, 3, \dots n$ sein.

Es gibt diese Zahl bekanntlich die Anzahl der in einem Niveau liegenden Insertionspunkte an, so daß viele solcher Ebenen sich in der gegenseitigen Lage so verhalten, wie früher eine Ebene mit nur einem Insertionspunkt. Die Zahl der Grundspiralen wird $1, 2, 3, \dots n$ und die Zahl der γ - und γ^1 -spiralen wird resp. $1\gamma, 2\gamma, 3\gamma \dots n\gamma; 1\gamma^1, 3\gamma^1 \dots n\gamma^1$.

Sind allgemein n äquidistante Insertionspunkte in einer Ebene, so hat man an dem Object n Grundspiralen. Ist die Höhendistanz so gering, daß die Grundspirale nicht mehr in das Object hinein construirt werden kann, und findet man dagegen n γ - und n γ^1 -spiralen, so findet man in n , dem einzigen gemeinsamen Theiler, die Zahl der Punkte in einer Ebene und durch Division der Anzahl der secundären Spiralen durch den gemeinsamen Theiler γ und γ^1 und damit mit Hilfe der letzten Tabelle, S. 257, P und Q , sowie die Richtung der $\frac{P}{Q}$ -spirale.

n ist die Zahl der Glieder eines Wirtels. Für die Demonstrationen an natürlichen Objecten verweise ich auf das HOFMEISTER'sche Handbuch.

b) Das Gesetz der recurrenten Reihen entwicklungsgeichtlich betrachtet.

Bei so auffällig für den Verkehr mit der Atmosphäre, insbesondere aber für das Licht adaptirten Gebilden, wie die Blätter und Zweige sind, kommt in Frage: wie wird die Vertheilung der Blätter sein müssen, damit der Raum eines Rotationskörpers möglichst gleichmäßig mit den Blattflächen ausgefüllt wird, den wir mit dem größten Radius der senkrecht zur Axe stehenden Blätter beschrieben denken? Dieß würde bei der cyklischen wie auch bei der wirteligen Stellung (mit cyklischer Folge der Wirtel) dann um so vorthellhafter erreicht, je mehr die Schritte der Grundspirale einem höhern Werth der Reihe

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7} \dots \frac{1}{\infty}$$

entsprechen. Unter der Voraussetzung, daß nicht ein mechanisches oder ein in der Entwicklung begründetes Verhältniß störend wirkte, würde jener Bedingung vollkommenster Ausbeutung der Lichtfläche um so mehr Genüge geleistet, je höher an der vorstehenden Reihe der Winkel belegen ist, welchen wir die seitliche Divergenz einer gegebenen Pflanze nennen. Nun aber besteht ein solches mechanisches und leicht begreifliches Hinderniß. Dieß ist der Umstand, daß je höher der Divergenzwerth in jener Reihe

liegt, um so länger die Dauer ist, bis der Rotationskörper gleichmäßig mit Blättern besetzt ist. Denken wir uns z. B. für verschiedene Pflanzen alle Blätter bereits angelegt für die $\frac{1}{2}$ -, die $\frac{1}{3}$ -, die $\frac{1}{100}$ -Stellung und es möge mit dem Heranwachsen der Tageslänge die Entfaltung beginnen, so beherrscht die Pflanze mit der Divergenz $\frac{1}{2}$ schon mit dem zweiten Blatte die beiden

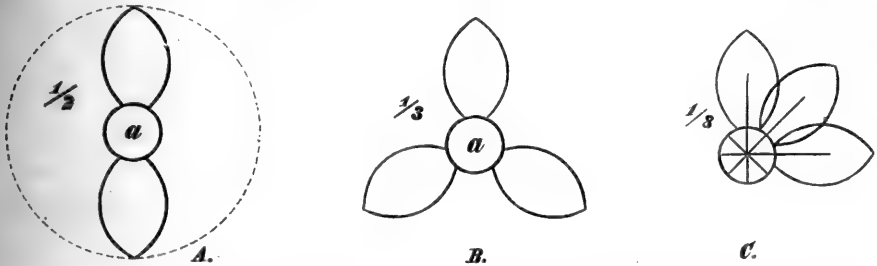


FIG. 138. Schema der Blattstellung nach $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. In der Stellung A würden zwei Seiten des Stammes a vollständig ausgenutzt, nach B drei Seiten, nach C aber würde mit drei Blattschritten erst der vierte Theil des Stammumfanges ausgenutzt.

Hälften des Querschnittes unseres Rotationskörpers, die Pflanze mit $\frac{1}{3}$ beherrscht mit dem dritten Blatte den ganzen Querschnitt vollkommener als die erste Pflanze dies thut, mit zwei Blättern. Beachten wir nun, daß die Entfaltung Zeit hinwegnimmt, welche für die Erhaltung des Systems einem Lichtverlust gleichkommt, so wird unsere dritte Pflanze mit der Stellung $\frac{1}{100}$ am schlechtesten wegkommen; sie muß 50 Blätter bilden und ist dann noch auf einer Hälfte ihres Stammes blattlos.

Beachtet man den Schatten oder was daselbe ist, die Projection der Blattflächen auf eine Querschnittsebene, welche senkrecht zum Stamm steht, so erhellt, daß die cyklische Folge in der oben genannten Reihe unvortheilhaft ist, daß es somit begreiflich wird, daß höhere Glieder der Reihe als $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ zu den Seltenheiten gehören.

Behalten wir nun den Schatten der seitlichen Organe bei mit der Axe der Pflanze paralleler Incidenz des Lichtes und jene Schwierigkeit in der Ausbeutung der Zeit im Auge, welche entgegentritt, wenn der Divergenzwert höherer Glieder der ersten Reihe annimmt, so kommen wir zu dem Schlusse, daß der ersteren Anforderung möglicher Ausnutzung der Lichtfläche und möglichst rascher Befetzung der Axe des Rotationskörpers der Lichtfläche dann genügt wird, wenn der Divergenzwert zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ liegt, oder allgemein: den gestellten Anforderungen ist genügt, wenn die cyklische Folge nach Divergenzwerten erfolgt, die constant sind und belegen sind zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ u. f. f., wobei zu beachten, daß sie für die genannten Anforderungen um so ungünstiger sind, je höher die beiden Grenzwerte in der Reihe (S. 258) belegen sind.

Aus diesem Gesichtspunkte kann man begreiflich finden, warum solche Divergenzen, wie sie zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ in der bekannten Reihe liegen, häufiger vorkommen. Sie sind die vortheilhaftesten und diese Stellungen dürfen aus dem entwickelten Gesichtspunkt als Anpassungen angesehen werden. Damit aber wird ihre Constanz in der Reihe vieler hintereinander belegener Generationen so erklärlich, wie diejenigen Eigen-

schaften der Form, Farbe, der Lebensweise u. s. f., welche wir uns mit DARWIN accumulirt, jetzt constant, denken, weil sie für die Erhaltung der Racenützlich sind.

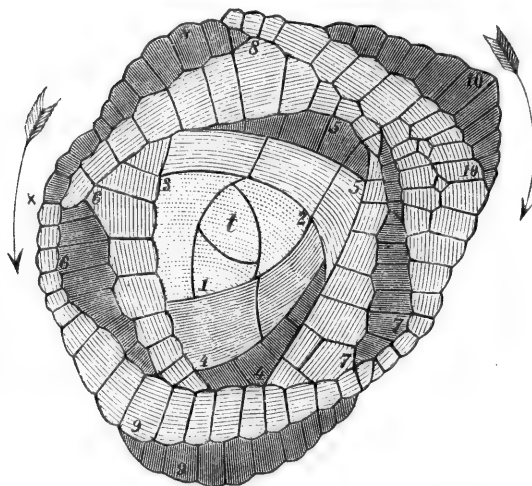


FIG. 139. Polytrichum formosum. Schema eines Querschnitts durch den Scheitel des beblätterten Stammes. *t* Scheitelzelle, 1, 2, 3 u. s. f. die Infertionsflächen der Blätter. Die schraffirten Theile der Zeichnung entsprechen den nach genauen mikroskopischen Aufnahmen zusammengestellten Axillarpfossen, beziehentlich den Orten, wo diese sich entwickeln würden. Dort entstehen die Antheridien und Archegonien der fruchtbaren Pflanzen. Der Pfeil zur Rechten verbindet die Blätter 10, 9, 8 u. s. f. bis 1, gibt also die Folge der Blätter ihrem Alter nach und nach dem kurzen Weg der $\frac{3}{8}$ Divergenz an. Der Pfeil zur Linken aber verbindet die Zellenketten continuirlich, s. Text.

α) Verhältnisse am Scheitel.

- Es muß hier auf alle bisherigen Beobachtungen und graphischen Darstellungen über die Lage der jüngsten Blätter am Vegetationspunkte geachtet werden. Mit Ausnahme der Decussirten findet sich nun stets, daß je drei oder höchstens je fünf Blätter die Scheitelfläche begrenzen. In der großen Mehrzahl der Fälle ist dieselbe

ein Dreieck. Nennen wir dieses D und fügen zu demselben die Fläche der Infertion des ersten Blattes f' hinzu, sodann die Fläche von $D + f' + f''$, wo f'' das zweitjüngste Blatt bedeutet u. s. f., so erhalten wir eine Reihe von Dreiecken,

$$D, D + f', D + f' + f'', D + f' + f'' + f'''. \quad \text{f. Text.}$$

Alle diese Flächen sind Dreiecke. Alle sind einander ähnlich.

Es folgt hieraus, daß am Scheitel bei der Entstehung der Blätter nur Divergenzwerte eingehalten werden können, welche sind $\frac{1}{3}$ und größer als $\frac{1}{3}$, während jede Divergenz kleiner als $\frac{1}{3}$ eine Scheitelfläche beansprucht, die nicht ein Dreieck sein kann.

Da, wo das Blatt oder seitliche Organ ein nahe verwandter Abkömmling der Scheitelzelle ist, wie bei den Moosen, Fig. 139, da ist auch die

Gestalt der Scheitelzelle durch die Blattstellung beeinflusst. Sie ist eine dreiseitige Pyramide bei allen Stellungen zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$. Bei $\frac{1}{3}$ selbst ist ihre Scheitelfläche ein gleichseitiges Dreieck. Die Theilungen gehen durch Wände vor sich, welche parallel sind einer der Wände der Scheitelzelle, Fig. 140 (man vergl. Bd. I, S. 66).

Die seitliche Divergenz kann in solchen Knospenquerschnitten nur bestimmt werden aus Ansichten, wie sie das Schema der Fig. 141 gewährt, und es ist dort der Gang der consecutiven Abschnitte aus den aufeinander folgenden Kreisbogen zu ersehen.

In einer solchen Querdurchschnittscheibe des Stammes müssen selbstredend alle Theile mitwachsen, wenn im Mittelpunkte Zuwachs und Neuanlegung von Segmenten, resp. Blatt- und Zweiganlagen erfolgen.

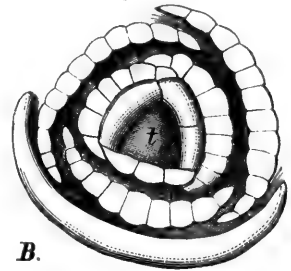


FIG. 140. Scheitelansicht des vegetativen Stammes von *Fontinalis antipyretica*. Die Scheitelfläche ist ein sphärisch-gleichseitiges Dreieck.

Für die Stellung $\frac{1}{2}$, Fig. 142 A, reicht das Schema vollständig aus, um die Zellenfolge zu demonstrieren. Die Scheitelfläche cc wächst nach der Theilung zu einem größeren Areal von $\alpha\alpha'$ nach $\beta\beta'$ und theilt sich durch die Wand $\alpha\alpha'$ in das Segment 3, Fig. 142 A, und den Rest der Scheitelfläche.

Für die Stellung $\frac{1}{3}$ ist der Gang der Theilungen in der Scheitelzelle schematisch und in geradlinigen, statt in sphärischen Dreiecken durch die Figurenreihe B, C bis E, Fig. 142, demonstriert. Die Scheitelfläche $\alpha\beta\gamma$, Fig. 142 B, wächst sich selbst ähnlich zur Fläche $III\ III$, und durch die Wand ab , welche das Segment I abscheidet, sinkt ihre Fläche wieder auf das ursprüngliche Areal. Es rückt aber hierbei der Schnittpunkt der drei Flächen $c\alpha\beta$, $c\beta\gamma$, $c\alpha\gamma$ von c nach c' , nunmehr entsteht ebenso das Segment II, während Segment I mitwächst. Der benannte Schnittpunkt rückt in der Querschnittsprojection von c' nach c'' , Fig. 142 B. Das dritte Segment entsteht, Segment I und II wachsen mit. Der Schnittpunkt rückt wieder nach c . Ein Cyklus ist beschrieben. Das nächste Segment würde wie I liegen. Der ganze Vorgang wiederholt sich, und es beschreibt der Schnittpunkt oder der Mittelpunkt der Scheitelfläche stetig das Dreieckchen $cc'c''$ oder in Raumcoordinaten (man vergleiche die Fig. 144) eine Zickzacklinie, deren Projection auf die Querschnittsebene ein gleichseitiges Dreieck sein muß.

Die geringste Abweichung hievon würde bewirken, daß die seitliche Divergenz nicht constant dieselbe bleibt, oder daß der Divergenzwinkel dauernd größer wird.

Aus bekannten geometrischen Sätzen folgt nun, daß bei diesem Modus

der Theilung durch parallele Wände nur die $\frac{1}{3}$ -Stellung möglich ist in Scheitelzellen, welche eine dreiseitige Scheitelfläche besitzen. Für jede Stellung nach Divergenzen zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ wird ein Theilungsmodus gefordert, wie ihn die Figur 143 darstellt.

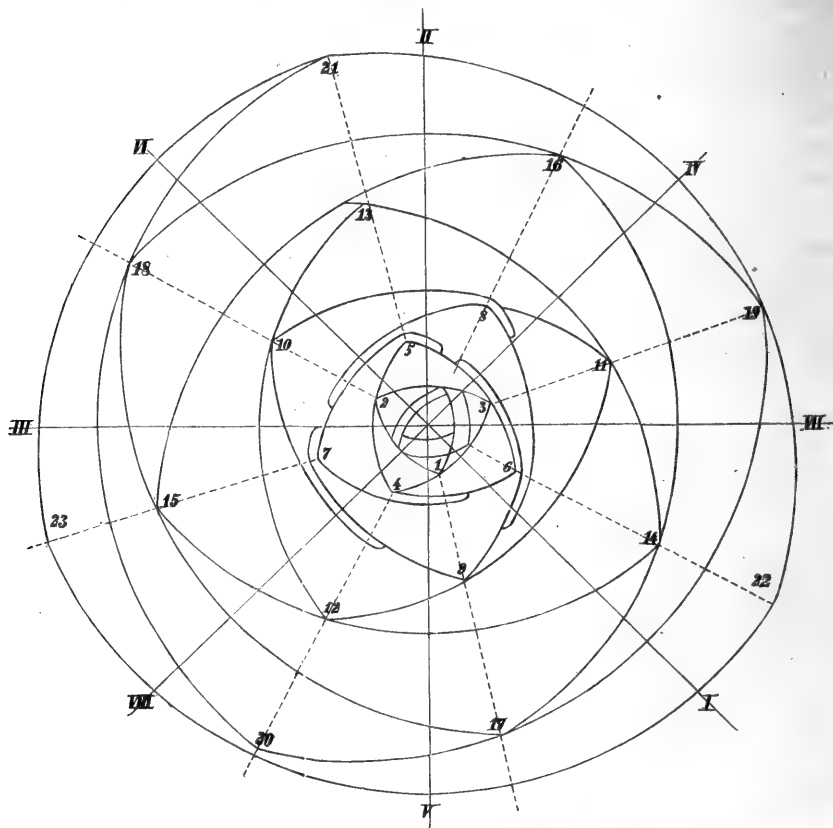


FIG. 141. Construction, welche sich der Zeichnung einer Polytrichumknospe oder deren Photographie am genauesten anschließt. Es wurde bei der Herstellung derselben der Voraussetzung genügt, daß die Divergenz $\frac{2}{3}$ constant sei und daß der Radius der ein Segment einschließenden Bogen entsprechend dem Stammdurchmesser wachse! Die Construction zeigt weiter, daß in Kreisconstructionen, welche sich dem natürlichen Verhältniß der Knospenquerschnitte am meisten anschließen, die consecutiven Dreiecke ungleichseitig sind, daß auch die Scheitelzelle ein ungleichseitiges Dreieck sein muß. Die Construction setzt sich, von dem innersten Dreieck abgerechnet, zusammen aus Bogenstücken, welche nach und nach von den Radien I, II u. f. w. mit wachsendem Radius beschrieben wurden: von dem Strahl I ist das Bogenstück beschrieben, welches der Bauchseite des Segmentes 2 und der einen Seite des Segmentes 1 angehört. Von dem Strahl II wurde die Bauchseite des Segmentes 1 beschrieben. Von dem Strahl III stammt das Bogenstück, welches der Bauchseite des Segmentes 3 und der breiteren Seite des Segmentes 1 entspricht, der Bogen 1 2 stammt vom Strahl IV, der Bogen 2 3 von V, der Bogen 3 4 von VI, 4 5 von VII, 5 6 von VIII her, u. f. f. Mit wachsendem Radius nähert sich das Convolut von Bogen dem Kreis.

Das Schema Fig. 143 stellt in der ausgezogenen Figur die Scheitelzelle mit zehn Segmenten dar. Das ganze System wächst nach dem Areal der punktierten Figur, und es wird Platz gewonnen für ein neues Segment. Die Wand *a* ist alsdann nach *c* gerückt, und im nächsten Moment scheidet die

punktirte Wand das Segment o ab. Die Construction zeigt fomit den Zuwachs eines Segmentes und die Ausdehnung aller vorhandenen mit der Befriedigung der Forderung nach constanter Divergenz.

Wenn man in dem Dreieck ab , Fig. 143, den Mittelpunkt sucht und diese Bestimmung für jede folgende Theilung vornimmt, so beschreibt die Verbindungslinie aller Mittelpunkte in Raumcoordinaten eine Zickzacklinie, deren Projection auf eine senkrecht zur Längsrichtung des Stammes stehende Ebene gleich ist der Figur 144.

Die Figur 1, 2, 3 u. f. f. ist eine geschlossene. Der Winkel zwischen 1, 2 u. f. f. ist das Complement (zu 180°) zu dem Divergenzwinkel (in diesem Falle $\frac{3}{8}$, resp. $\frac{1}{8}$).

Bei der Anlegung je eines der Segmente muß das ganze System jedesmal einen Zuwachs erleiden, wie er durch den Uebergang von der ausgezogenen nach der punktirten Figur dargestellt ist (Fig. 143).

Die Gestalt der Scheitelfläche kann gleichwohl innerhalb weiter Grenzen schwanken, ohne daß den beiden Forderungen «constante Divergenz der entstehenden Blätter und Continuität der Figur» widersprochen wird. In der Figur 145 z. B. sind drei Scheitelzellen abc , $a'b'c'$ und $a''b''c''$ nach derselben $\frac{3}{8}$ -Divergenz construirt. In ihr nähert sich $a''b''c''$ einem gleichschenkligen Dreieck.

In diesen Dreiecken sind von dem Radius 1 beschrieben die Bogen

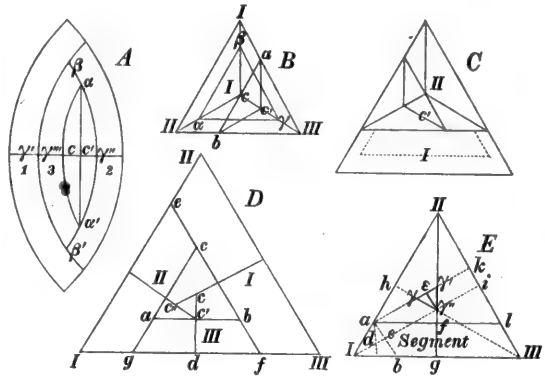


FIG. 142. A Schema der Scheitelflächen der Moos mit $\frac{1}{8}$ -Stellung der Blätter. B bis D Constructionen für die Segmentfolge nach $\frac{1}{8}$.

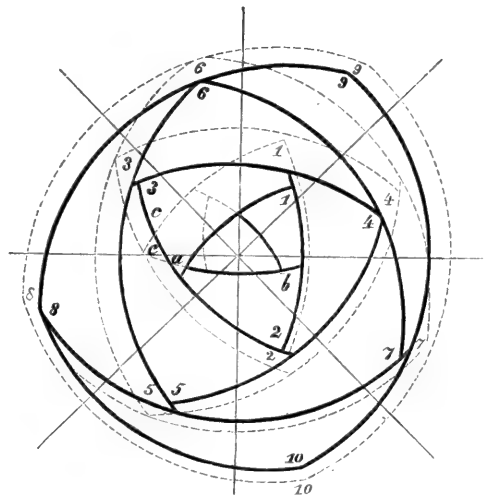


FIG. 143. Schema für die Entfaltung eines neuen Segmentes am Scheitel eines Mooses, bei welchem die $\frac{3}{8}$ -Stellung herrscht.

ab , $a'b'$, $a''b''$. Von dem Radius 2 die Bogen ac , $a'c'$, $a''c''$. Von dem Radius 3 die Bogen bc , $b'c'$, $b''c''$. Für alle drei Dreiecke ist der Anforderung genügt, daß die Segmente,

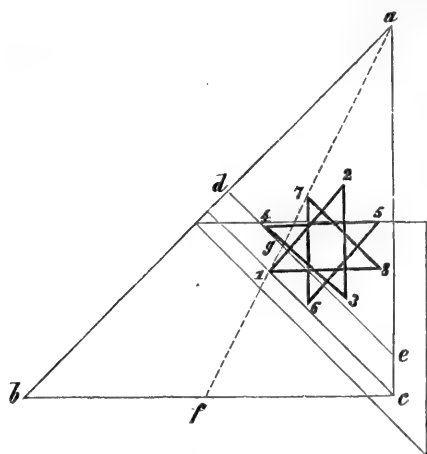


FIG. 144. Schema für die Projection der Schnittpunkte der drei Pyramidenflächen einer Scheitelzelle nach achtmaliger Theilung für die seitliche Divergenz $\frac{3}{8}$.

welche die Scheitelfläche umgeben, nach derselben Divergenz stehen, die sie ist gleich dem Winkel zwischen den Radien 1 und 2, also gleich $\frac{3}{8}$. Nach bekannten geometrischen Sätzen ist selbstredend, daß nur zwei Segmente an der Scheitelfläche untergebracht werden können, in der Art, daß ihre Bauchseiten mit einer der drei Seiten des Dreiecks abc , $a'b'c'$, $a''b''c''$ zusammenfallen.

Aus allen diesen Theilungsvorgängen folgt mit Nothwendigkeit, daß die Infertionsfläche des jungen Blattes im Beginne asymmetrisch sei.

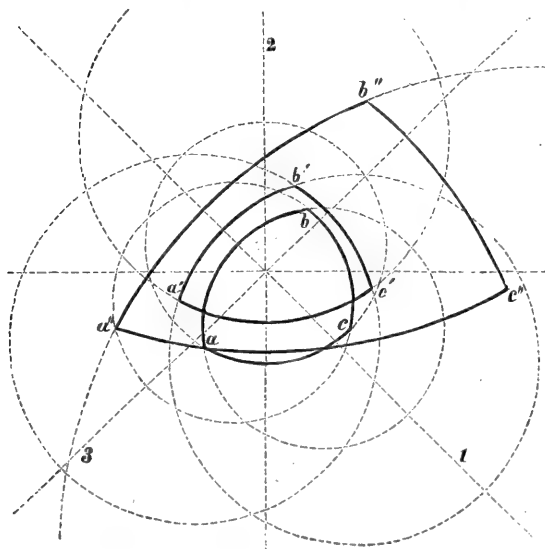


FIG. 145. Schema für die Gestalt von Scheitelflächen nach der Divergenz $\frac{3}{8}$.

Die nachfolgenden Messungen an Scheitelflächen, welche nach der von Hofmeister angegebenen Methode von Aspidium hergestellt wurden, geben weitere Belege für das Vorstehende.

Aspidium filix mas, Fig. 146, nach einem Photogramm gepaßt. Die Scheitelfläche der Terminalzelle ist ein ungleichseitiges Dreieck; die Längen der Seiten sind:

$$ab = 20,3, \quad bc = 13, \\ ac = 16,7, \quad a'c' = 18,5.$$

Legt man den Goniometer an die Seiten ab , bc an, so betragen die Winkel:

$$\sphericalangle a = 70^\circ, \quad \sphericalangle b = 85^\circ, \quad \sphericalangle c = 120^\circ.$$

Aspidium filix mas, Fig. 147, nach einem Photogramm gepaßt.

Flächenansicht des Scalpes der Scheitelzellgruppe. Die Winkel des in die drei Eckpunkte construirten Dreieckes betragen:

$$\angle a = 45^{\circ}, \angle b = 59^{\circ}, \angle c = 74^{\circ}.$$

Bei dieser Knospe ist zu bemerken, daß die Wände ab und ac nicht jene Beugung zeigen, welche eine Folge der Theilungen in den Segmenten ist, wie die Fig. 148. Das sphärische Dreieck abc schließt sich am genauesten der Construction an.

β) Theorie von SCHWENDENER, auf- und absteigende Verschiebungen¹⁾.

Nach den Untersuchungen bis hierher wurde stets die Voraussetzung gemacht, daß in der Nähe des Scheitels schon die seitliche Divergenz nahezu

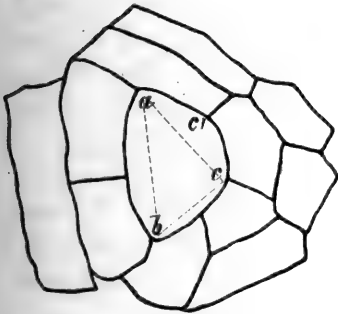


FIG. 146.

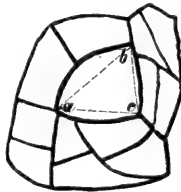


FIG. 147.

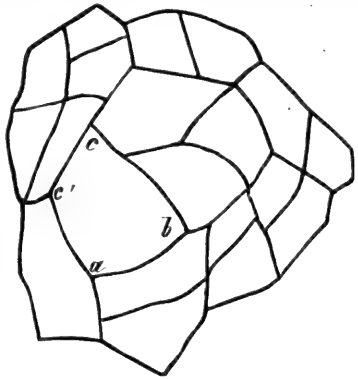


FIG. 148.

Drei Scheitelzellgruppen von drei verschiedenen Stämmen des *Aspidium filix mas*. Die Methode der Herstellung der Scalpe nach HOFMEISTER ist diese: nachdem der Scheitel möglichst sorgfältig abgetragen ist, werden die anhaftenden Zellwände und der Zellinhalt unter der Präparirlupe mit dem Scalpell sorgfältig abgeschabt, bis das Zellennetz vollständig klar und durchsichtig ist. Die Objecte wurden photographirt, die Holzschnitte sind genaue Paufen der Photographie.

constant sei und denselben Werth besitze wie in dem fertigen Zustande. In der That ist dieß auch der Fall, wie man an einer großen Anzahl von Knospen durch die Beobachtung erweisen kann:

1^o die Anzahl und gegenseitige Neigung derjenigen Seitenspiralen, in welchen sich die Blätter gegenseitig berühren, sind von dem Knospenzustand ab bis zum ausgewachsenen Stamme nicht constant;

2^o die Anzahl der Contactlinien und ihre gegenseitige Neigung sind

¹⁾ Ueber die Verschiebungen seitlicher Organe durch ihren gegenseitigen Druck. Ein Beitrag zur Lehre von der Blattstellung von SCHWENDENER. Basel, Schweighauser'sche Buchdruckerei 1875. Aus den Verh. der naturforschenden Gesellschaft in Basel. VI. 2. 75, und Mechanische Theorie der Blattstellungen von demf. Autor. Leipzig. Engelmann. 1878.

nicht die gleichen an verschiedenen Zweigrangklassen der Bäume, insbesondere der hier in erster Linie zu studirenden Nadelhölzer;

3^o es entstehen im Allgemeinen in armblättrigen und gestreckten Axen Divergenzen, die näher an $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ liegen, dadurch wird das äußere Ansehen geometrisch einfacher, d. h. die Contactlinien sind in der Anzahl 1,2; 2,3; 3,5 u. f. f. vorhanden;

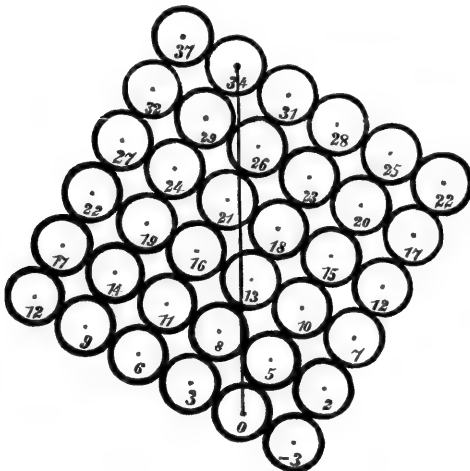


FIG. 149. Darstellung des SCHWENDENER'schen Apparates. Die bezziferten Walzen, deren Querschnitte hier verzeichnet sind, stellen eine Parthie eines aufgewickelten Cylinders dar, an welchem die seitlichen Organe nach $\frac{10}{34}$ Divergenz stehen. In dem Brettchen, auf welchem die Walzen stehen, befindet sich ein linearer Spalt, in welchem die Stifte zweier Walzen 12 links und 12 rechts sich verschieben, während ein zu dem ersten Spalt senkrechter zur Führung der mit einem Stift versehenen Walze 0 dient. Alle übrigen Walzen lassen sich auf dem Brettchen frei verschieben. Die Verschiebungen werden mit einem Holzrahmen ausgeführt, welcher rechteckig und in den Winkeln mit Charnieren versehen ist. In dem Apparat gibt die Richtung 12 12 den Horizont an, mit Hilfe eines Fadenkreuzes kann die Richtung der Orthostiche für die Walze 0 für jeden Zustand des Systemes aufgefunden werden. Die Verschiebungen können nun so geschehen, daß nach und nach die 3 und 5, die 5 und 8, die 8 und 13 Parastichen u. f. f. in Contact gerathen, so daß die Divergenz in der bekannten Reihe fortschreitet. Mit den Verschiebungen, welche der Interessent an dem Apparat in diesem Sinne vornimmt, mag er die Abbildungen Fig. 150 bis 152 vergleichen.

ist das Material, an welchem die SCHWENDENER'sche Theorie studirt werden kann.

«Auf ein solches Organ, das man sich als das oberste eines zusammengehörigen Complexes denken mag, wirke ein longitudinaler, d. h. der Axe parallel gehender Druck P ; wie pflanzt sich derselbe nach unten fort und welches sind die resultirenden Schwingungen?»

SCHWENDENER setzt voraus, die seitlichen Organe, um deren Stellung

4^o in dichtgedrängten Axen mit zahlreichen Seitenorganen steigt das Stellungsverhältniß durch $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, ... $\frac{55}{144}$, $\frac{89}{233}$ u. f. f., d. h. es kommen höhere Anzahlen von Contactlinien, z. B. 5 und 8, 8, 13; 13, 21 u. f. f. zum Ausdruck. Für diese Studien empfehlen sich die Inflorescenzen der Compositen und die vegetativen Triebe der Nadelhölzer.

Vegetationspunkte der Nadelhölzer.

Was bei den Laubknospen nicht erreicht werden kann, die Bestimmung der Lage jüngster Blattanlagen für Divergenzen bis zu $\frac{55}{144}$, $\frac{89}{233}$ u. f. f., ist hier möglich. An einem Triebe der Fichte entstehen gegen 600 bis 800 Nadeln. Im günstigen Falle können an einer Compositen-Inflorescenz einige Tausende von Blüten zur Anlegung kommen, wenn schon nicht alle die definitive Ausbildung erlangen. Dieß

es sich hier handelt, feien Hügel mit kreisförmiger Basis und der Druck pflanze sich durch diejenigen Organe fort, welche sich direct berühren. Es lassen sich dann über je drei Organe Dachstühle construiren. Die drei Organe sind so zu wählen, daß die Infertionspunkte von zweien in einer Horizontalen liegen, das dritte Organ ist dann durch die zwei gegenfinnig verlaufenden Parastichen verbunden. Die Anzahl dieser Parastichen ist 3 und 5, 5 und 8, 8 und 13 u. f. f., so daß der Dachstuhl einen längeren und einen kürzeren Sparren besitzt. Bei der in diesem System durch den Druck bewirkten Verschiebung des Scheitelpunktes wird dieser stets nach dem längeren Sparren hin gefenkt, und die beiden in der Horizontalen liegenden Fußpunkte werden um die gleiche Distanz seitlich verschoben.

SCHWENDENER macht die Verschiebungen, welche durch einen solchen Längsdruck entstehen, mit Hilfe eines sinnreichen Apparates verständlich, indem er von der $13/34$ -Stellung ausgeht. Es berühren sich in diesem Falle die Blätter der 3er und 5er Parastichen, Fig. 149. Durch 0 und 34 geht eine Orthostiche. Legt man nun durch die Blätter 22 zur Linken und 22 zur Rechten eine feste Axe, so ist diese die Horizontale, welche von 0—34 rechtwinklig geschnitten wird.

Wenn sich nun in Folge des Druckes in zu 0 34 paralleler Richtung die Kreise so verschieben, daß die Punkte 22 sich von einander entfernen, so geht die $13/34$ -Stellung allmählig über in $8/21$, $11/29$, $14/37$.

Wirkt der Druck aber so, daß die Punkte 22 sich nähern, so kommen die Stellungen $5/13$, $12/31$, $7/18$, $9/23$, $11/28$ zum Vorschein.

Bei beiden Verschiebungen ist eine Berührung von je vier in eine solche von je drei Blättern übergeführt. Jetzt kommen drei Parastichen in einem Blatte zur Vereinigung. Geht man nun von der ersteren Verschiebung mit $14/37$ weiter, so kann man abwechselnd die 3 und 5, 5 und 8, 8 und 13 u. f. f. Parastichen mit einander combiniren und kommt zu dem Schlusse: wenn die seitlichen Organe an der Stammspitze in spiraler Reihenfolge mit beliebigen Divergenzen zwischen 180^0 und 120^0 , die jedoch unter sich nicht allzu verschieden fein dürfen, angelegt werden, so bewirkt der longitudinale Druck, oder

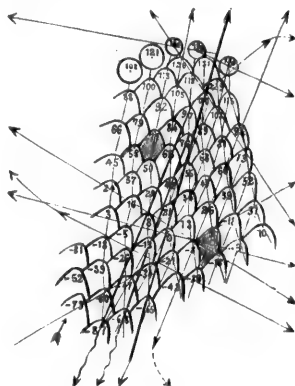


FIG. 150. Diese Figur ist eine photographische Verkleinerung eines mit dem Bildmikroskop bei 80facher Vergrößerung aufgenommenen Tangentialschnittes der Fichtenknospe, sie stellt eine etwa 70—80fache Vergrößerung dar. Die 55er, 89er und 144er Parastichen sind als schärfer ausgezogene Axen kenntlich gemacht, die niedrigen Parastichen sind in dem Scheitel und der Basis als Pfeillinien mit der Zahl der Parastichen angedeutet. Die Bezifferung wurde mit dem 0-Blatte begonnen, durch welches die Linie HH, der Horizont, senkrecht zur 55er Axe gelegt wurde; von 0 sind die Zahlen nach oben positiv, nach unten negativ eingetragen.

was daselbe ist, ein quengerichteter Zug mit mathematischer Nothwendigkeit eine allmähige Annäherung der Divergenzen an den bekannten Winkel von $137^{\circ} 30' 28''$.

Von den Stellungsverhältnissen, welche anderen Divergenzreihen entsprechen, mögen zunächst diejenigen erwähnt werden, deren Paraftichen sich nach folgenden Coordinationszahlen ordnen:

$$\begin{aligned} &1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, \\ &1, 4, 5, 9, 14, 23, 27, \\ &1, 5, 6, 11, 17, 28, 45, \text{ oder allgemein} \\ &1, n, n+1, 2n+1, 3n+2 \dots \end{aligned}$$

Diesen Reihen entsprechen die Divergenzen:

$$\begin{aligned} &1/3, 1/4, 2/7, 3/11, 5/18, 8/29, \\ &1/4, 1/5, 2/9, 3/14, 5/23, 8/37, \\ &1/5, 1/6, 2/11, 3/17, 5/28, 8/45, \text{ oder allgemein} \\ &1/n, 1/n+1, 2/2n+1, 3/3n+2, 5/5n+3 \dots \end{aligned}$$

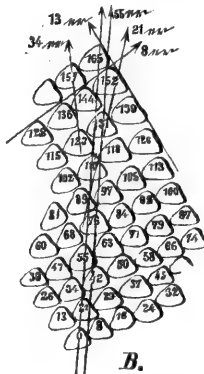
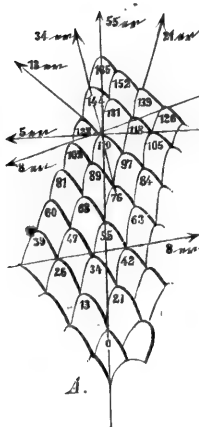


FIG. 151. Ähnliche, aber ältere Stadien wie Fig. 150. In A wurden die Nadeln abgechnitten, ehe der Tangentialchnitt ausgeführt wurde. In B wurden sie abgezupft. Die Bezifferung ist von dem untersten Blatte 0 nach oben im positiven Sinne ausgeführt.

Auch mit diesen Stellungen läßt sich unter den früheren Voraussetzungen dieselbe Verschiebung ausführen.

Mit Zugrundelegung des obigen Satzes kann man die SCHWENDENER'sche Theorie so aussprechen:

a) ein System von feitlichen Organen, welches vorzugsweise in der transversalen Richtung wächst, verschiebt die consecutiven Paraftichen 2, 3, 5, 8, 13, 21 u. f. f., je länger der Druck in der gleichen Richtung herrscht, so, daß nach und

nach immer höherzählige Paraftichen mit der geometrischen Axe des Organs zusammenfallen (zu Orthoftichen werden);

b) ein System, welches vorzugsweise in longitudinaler Richtung wächst, verschiebt die consecutiven Paraftichen so, daß von der höchstzähligen mit herrschend bleibendem Drucke nach und nach immer niedrigerzählige Paraftichen mit der Axe zusammenfallen.

Für a) zieht SCHWENDENER die Compositeninflorescenzen heran, für

b) weist er auf die vegetativen Zweige der Abietineen, insbesondere der Fichte.

Aus der Entwicklungsgeschichte lassen sich im Anschluß an die Theorie diese Fragen aufwerfen:

1^o wie weit halten die feitlichen Organe in der Anlegung den Divergenzwinkel ein, den wir an dem ausgebildeten Zustand beobachten?

2^o verändert die Stellung von dem ersteren nach dem letzteren Zustand ihren Werth?

Für die Beantwortung der ersten Frage wird man solche Knospen zu untersuchen haben, welche wie die der Abietineen eine möglichst große Anzahl von Blättern bilden, so daß man sehr hochzählige Parastichen in die objectiven Abbildungen hineinconstruiren kann. Hierbei fand ich, daß die Stellungen namentlich bei den Abietineen außerordentlich veränderlich sind, insofern bei schwachen Knospen herrschende Divergenzwinkel $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, während bei starken Knospen der Haupttriebe die $\frac{13}{34}$, $\frac{21}{55}$ und höhere Stellungsverhältnisse vorkommen.

In Hinsicht der zweiten Frage hat man dieselben Knospen zu verfolgen, bis die entsprechenden Stammstücke den stabilen Zustand erreicht haben. Durch genaue Messungen ist die Veränderung der Winkel, welche die consecutiven Parastichen unter sich und mit der geometrischen Axe einschließen, und die Art der Verschiebung klar zu legen.

Als Beispiel der weitläufigen Verschiebung wählen wir die Blattknospe der Fichte. Fig. 135 zeigt die 21er und 34er im Contact. Die Stellung nähert sich der $\frac{21}{55}$, der Pfeil, welcher das Blatt 0 mit dem Mittelpunkt verbindet, geht nach 55. In dem Maße, wie die Knospe sich füllt, ohne daß ein beträchtliches Längenwachstum herrscht, kommen immer höhere Parastichenzahlen in Contact. Streckt sich aber endlich die Knospe, so sinken diese wieder. In den Holzschnitten, Fig. 150, 151, sind die Längsflächen des Cylinders nach Photogrammen festgehalten. An der Basis sind in der

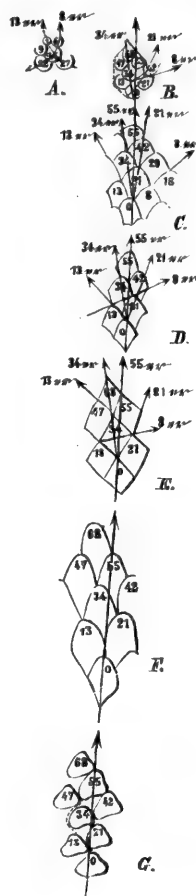


FIG. 152. Zusammenstellung der wichtigsten Lagen von der Knospennlage ab mit Berücksichtigung der Contactlinien und deren Neigung zur Parastiche der 55er, welche als Axe für alle festgehalten werden, für die Fichtenknospe.

ersteren Figur die 13er und die 8er in Contact. In der Nähe der Spitze aber in der Gegend des schraffierten Blattes 71, Fig. 150, ist der Contact auch mit den 21ern noch erhalten. In der Fig. 151 *A* ist der Contact zwischen

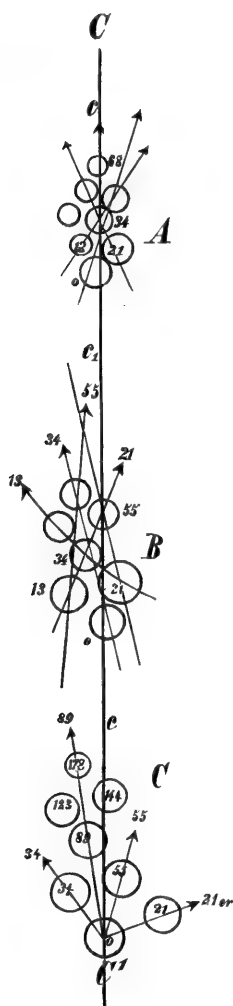


FIG. 153. Gegenseitige Lage der Blüten im Blütenstand von Chrysanthemum.

0 13 und 0 21 erhalten, in Fig. 151 *B* dagegen bilden die 8er und 13er die Contactlinien. Von der Knospenlage, Fig. 135, durch alle Phasen des Wachstums, bis die Knospe sich öffnet und merklich streckt, gestaltet sich die gegenseitige Lage der Contactlinien, wie die Fig. 152 es veranschaulicht. Zuletzt nähert sich die 21er Paraftiche der Orthoftichenrichtung. Von dem Stamme der Nadelhölzer nach dem Aste und nach den höheren Zweigen findet man ein allmähiges Sinken der Contactlinien und Orthoftichenzahl von 55 nach 34, nach 21. An ganz schlanken Zweiglein sinken die Zahlen der Contactlinien endlich auf 3 und 2.

Der entgegengesetzte Wechsel macht sich an den scheibenförmigen Infloreszenzen der Compositen geltend. Man kann die Stellung der Blüten in solchen Scheiben vom jüngeren nach dem älteren Zustande leicht festhalten, wenn man die Scheiben auf beruhte Glasplatten leise aufpreßt, da wo eine Erhebung ist, nimmt dieselbe den Ruß hinweg. Das Bild kann mit Firniß auf der Glasplatte festgehalten werden. Die Platte dient als Negativ für die photographische Fixirung des Abdruckes.

In der Fig. 153 ist *CC'* der Radius der Scheibe von Chrysanthemum, *A* der jüngste, *C* der älteste Zustand. In *A* geht die Orthoftichenrichtung von 0 nach 34. Die 21er und 13er sind nahezu im Contact. In *B* geht die Orthoftiche (der Radius) von 0 nach 55. In *C* geht sie von 0 nach 144, die 34er und 55er Paraftichen stehen im Contact. Die 21er sind beträchtlich geneigt.

Fassen wir nun für die Abietineen die Schwankungen in Bezug auf den Divergenzwinkel und die Richtung der Grundspirale zusammen für das vegetative System der Fichte, so erhalten wir:

1° das Fortschreiten der Paare von Contactlinien 2,3; 3,5; 5,8; 8,13;

13,21 durch die Verschiebung im Sinne der SCHWENDENER'schen Theorie an einem und demselben Triebe vollzieht sich in der Knospe, so lange noch und während neue Blattwarzen angelegt werden (vergl. Fig. 135 und 153);

2^o mit dem Längenwachsthum nähern sich die höherzähligen Paraftichen der Richtung der geometrischen Axe des Zweiges (Stammes), das System wird häufig (nicht immer) rückläufig, so daß in der Knospe ein in der Reihe $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$ höherbelegener Werth vorkommt, wie am stabil gewordenen Zweig;

3^o jene vorschreitende Bewegung durch die Paraftichenreihen (f. Fig. 150, 153) erstreckt sich über höhere Paraftichenzahlen in dem Haupttrieb, über niedere in dem Ast und über niederste in dem unterdrückten Zweiglein der Fichte, so daß in dem ersteren noch 21er und 13er Paraftichen vorkommen, während in dem letzteren die Zähligkeit derselben auf 3er und 5er herabfinken kann;

4^o daraus folgt, daß an einem und demselben Baume die Divergenz schwankt zwischen $\frac{5}{13}$ und $\frac{13}{34}$, sowie dem höheren Werth $\frac{21}{55}$ und in einigen Fällen $\frac{34}{89}$, selbst $\frac{55}{144}$;

5^o die Richtung der Grundspirale in den Axillarknospen wechselt von Blatt zu Blatt, damit aber auch selbstredend die Richtung der primären Gefäßspuren;

6^o in der Scheibe der Compositeninflorescenzen ist die Verschiebung der Paraftichenreihen eine aufsteigende, niedrigzählige Contactlinien treten zuerst, höherzählige zuletzt auf.

B. Beziehungen zwischen der Blattstellung und dem anatomischen Bau.

(Man vergl. Bd. I d. Handbuches S. 309).

Bei den beblätterten Stämmen der höheren Pflanzen gelten die zuerst von NÄGELI aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten, und es ist hier nur auf die Beziehung zur Blattstellung noch aufmerksam zu machen.

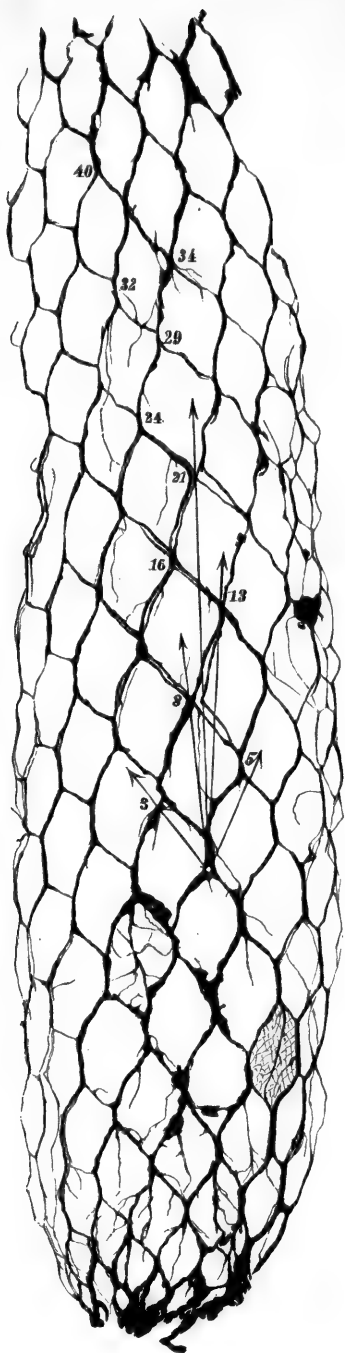
1. Primäre Gefäßbündel.

Die Zahl der primären Gefäßbündel, welche in einem gegebenen Niveau im Stamme auftritt, ist nicht allgemein eine constante, sondern abhängig von den Zahlen, welche in den Contactlinien herrschen, in der Weise indeß, daß, wenn der Stamm sich bedeutend streckt und große Interfolien bildet, die Anzahl der in einem gegebenen Querschnitt stehenden Bündel sinkt, während sie am größten ist an verkürzten Interfolien in dicht gedrängter Stellung der Blätter, beziehungsweise der seitlichen Organe.

2. Verlauf der Gefäßbündel.

Die allgemeinen Verhältnisse der Gefäßbündelordnung sind diese:

1^o die Gefäßbündel des Seitenorganes, Wurzel, Blatt, Zweig, stehen



in Verbindung mit denjenigen des tragenden Stammes, so daß ein continuirlich zusammenhängendes System entsteht. In diesem Fall entbehrt der Stamm der stammeigenen Gefäßbündel. Dieß ist der allgemeine und am häufigsten vorkommende Fall. Die Wurzel besitzt unter allen Umständen eigene Gefäßstränge, deren Anordnung nicht von den seitlichen Auszweigungen der Wurzel selbst abhängig ist. Die Zahl der in die Wurzel von dem tragenden Stamme oder Zweige einbiegenden Stränge ist abhängig von den anatomischen Verhältnissen in den tragenden Gebilden;

2^o der Stamm besitzt eigene Gefäßbündel, welche nicht an diejenigen Stränge anschließen, welche in das Blatt, beziehentlich die seitlichen Organe ausmünden. Diese Anordnung kommt nur bei wenigen niederen Gefäßpflanzen vor;

3^o verfolgt man die Blattspuren im Stamme von unten nach oben, so verzweigen sie sich:

a) gabeläftig, die Endigungen treten in das Seitenorgan;

b) sie schließen in Maschen gegenseitig aneinander. Von den Maschen verlaufen die Stränge, welche in das Seitenorgan ausmünden, Fig. 154.

Die Neigung der primären Gefäßspuren zu den Parastichen und zur geometrischen Axe des Stammes (Faserverlauf) wurde zuerst von A. BRAUN, NÄGELI und GEILER unter-

FIG. 154. Skelett der Gefäßbündel in einem Opuntienstamm. Die rhombischen Maschen sind mit einem feinverästelten Netzwerk von Gefäßbündeln ausgefüllt, so wie dieß mehrere Maschen in dem unteren Theil der Figur zeigen, in den Schnittpunkten der Rhomben sitzen die Haarbüschel der Pflanze. Die Pfeile führen nach den 3er, 5er u. f. f. Parastichen. (Nach einer photographischen Pause.)

fucht. Die Frage, welche ich mir vorlegte, lautet: besteht eine Beziehung zwischen der Richtung und der Neigung (zur geometrischen Axe) der Holzfafer in dem geschlossenen Holzcyylinder zu der Richtung und Neigung der Paraftichenfyfteme?

Bei den Laubbäumen kommen, fo nach den Unterfuchungen NÄGELI's¹⁾, häufig zwei und mehr primäre Gefäßfpuren vor, welche in einem Blatte zur Vereinigung gelangen. Bei der Eiche, den Pappeln treten diefelben über die Cylinderfläche des Stammes hervor und können direct gefehen werden, Fig. 136. Die Bündel diefer Syfteme verlaufen bei der

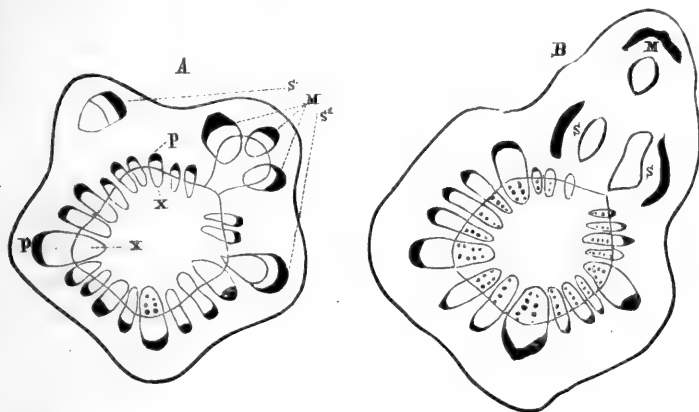


FIG. 155. *Quercus Robur*. Schema des Zweigquerschnittes, A nahe unterhalb der Einfügung des Blattes, M das mediane, s s' die beiden seitlichen Gefäßbündel, welche in das Blatt eintreten, x der Holz-, p der Basttheil der Gefäßbündel. B ähnlicher Schnitt in der Einfügung. Die Anordnung A ist in der Kante Mss verändert, dadurch, daß Mss nun aus dem Zweigquerschnitt nach der Blattbasis, dem Blattkeilen divergiren.

Eiche alle in dem Sinne einer und derselben Schraubenlinie um den Stamm. Bei der Pappel aber sind offenbar zwei gegenfönnige derartige Schraubenlinien vorhanden. Eine geht von 1 nach 2, 3 u. f. f., also im Sinne der Grundspirale, die andere steigt in der Richtung der Paraftichen von 1 nach 3, 5, 7 u. f. f. In den interfoliaren Theilen des Zweiges bilden diese Stränge, wie bekannt, im Querschnitte ein Pentagon. Diese Anordnung wird nur gestört in der Nähe eines Blattes, wo der Hauptstrang im Stammquerschnitt geschwächt wird oder ganz verschwindet, weil er nach dem Blatte ausbiegt. Fig. 155 zeigt einen solchen Querschnitt etwas unter dem Blatte, die mediane Gefäßbündelgruppe M tritt aus dem Pentagon heraus, das rechte Gefäßbündel s ist bereits in einem tieferen Niveau abgezweigt. Das Bündel

1) NÄGELI, Beiträge zur wissensch. Botanik, I. Heft. Das Wachsthum der Wurzeln und des Stammes bei den Gefäßpflanzen und die Anordnung der Gefäßstränge im Stengel. — H. F. GEILER in PRINGSHEIM's Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik. Bd. VI. Ueber den Gefäßbündelverlauf in den Laubblattregionen der Nadelhölzer.

s' beginnt foeben sich aus dem Pentagon herauszulösen: in der Fig. 155 B, welche durch die Einfügungsstelle des Blattes gelegt wurde, sind alle drei Spuren *Mss'* in ihrer Lage zu dem Querschnitt des Zweiges verzeichnet.

Da der schiefe von der geometrischen Axe des Organes abweichende Verlauf von den Paraftichen des Stammes abhängt, so müssen, unabhängig von äußeren Einflüssen, die rechtswendigen Drehstämme gerade so oft vorkommen, wie die linkswendigen. Selbst von einem und demselben Baume müssen dem fast ausnahmslosen Gesetze gemäß, daß die Richtung der Grundspirale von Zweig zu Zweig wechselt, gerade so viel links-, wie rechtswendige Drehzweige vorkommen. Diese Gesetzmäßigkeit wird freilich durchbrochen dadurch, daß im weiteren Verlauf der Kronenentfaltung viele Zweige, Aeste an im Voraus nicht bestimmbarren Orten absterben und abbrechen.

Die Neigung der Fafer zur geometrischen Axe muß sich unter allen Umständen für die jugendlichen Zustände, nachdem indeß das Organ in die Längsrichtung ausgewachsen ist, ergeben aus dem Paraftichenverlauf und den Längsdistanzen der Blätter. Aus dem ersteren kann man angeben, in wie viel Stammumläufen der Grundspirale die Fafer einmal den Stamm umkreist. Aus den letzteren kann der Winkel angegeben werden, welchen die Faferichtung mit der geometrischen Axe einschließt. Geringe Längsdistanzen der Blätter, unterdrücktes Längenwachsthum muß diesen Winkel vergrößern. Bedeutendes Längenwachsthum muß ihn verkleinern. In der That ist es leicht, an Fichten, Kiefern, Eichen diese Schwankung im Winkel zu beobachten und auf das besagte Verhältniß zurückzuführen. Ein ausgezeichnetes Studienmaterial für den Verlauf der primären Fibrovafalmassen sind die Abietineen: erstens weil die Spuren am Stamm als Erhebungen auftreten und mit der oben beschriebenen Methode der Rußabdrücke festgehalten werden können; zweitens weil je ein Blatt auf der Rinde nur eine einzige hervorragende Spur hinterläßt und drittens weil je nach der Stärke der Zweigordnungen in der Reihe 2, 3, 5, 8 u. f. f. der consecutiven Paraftichen niedere oder höherzählige im endlich stabilen Zustande zu Orthostichen werden. Die Fafer nun verläuft mit einer der Paraftichen parallel. Ich schneide von einem und demselben Baume mehrere Zweigrangklassen und bestimme Zahl und Richtung der Paraftichen, entrinde vorsichtig, so daß die Blattspur in dem entblößten Holzkörper noch gesehen werden kann, und bestimme an diesem Object die Richtung der Fafer:

Fichte.

1^o Haupttrieb, Umfang 42 mm:

- | | |
|----|--------------------------------|
| 5 | Paraftichen links nach rechts, |
| 8 | » rechts nach links, |
| 13 | » links nach rechts; |

mit diesen letzteren steigt die Fafer.

2^o Zweig der dritten Ordnung, Umfang 25 mm:

- 3 Paraftichen rechts nach links,
- 5 " links nach rechts,
- 8 " rechts nach links;

mit diesen letzteren steigt die Fafer.

3^o Einjähriger Zweig der vierten Ordnung, 4 mm dick:

- 8 Paraftichen links nach rechts,
- 5 " rechts nach links,
- 13 " rechts nach links;

mit diesen letzteren steigt die Fafer.

4^o Zweiglein letzter Ordnung, 1 mm dick:

- 2 Paraftichen rechts nach links,
- 3 " links nach rechts,
- 5 " rechts nach links;

mit den fünfern steigt die Fafer.

K i e f e r.

1^o 6 mm dicker Aft vorletzter Ordnung:

- 3 Paraftichen links nach rechts,
- 5 " rechts nach links,
- 8 " links nach rechts;

die Fafer steigt mit den achtern.

2^o 5 mm dicker Aft vorletzter Ordnung:

- 2 Paraftichen links nach rechts,
- 3 " rechts nach links,
- 5 " links nach rechts;

die Fafer steigt mit den fünfern.

3^o 3 mm dicker Zweig, wie vorher, die Fafer steigt mit den fünfern von links nach rechts.

4^o Zweiglein 1,5 mm dick:

- die 1er Grundspirale links nach rechts,
- » 2er Paraftiche rechts nach links,
- » 3er " links nach rechts;

die Fafer steigt mit der letzteren.

Wie weit der Spielraum für die Paraftiche ist, in welcher die Fafer verläuft, geht aus diesen Messungen hervor. Bei der Fichte kann sie verlaufen in der 3er, 5er und 13er, bei der Kiefer in der 3er, 5er und 8er. Man ersieht daraus, daß die Blattstellung und der von ihr abhängige Faserverlauf an einem und demselben Baume sich so verändern, daß mit wachsender Ordnungszahl der Zweige die Paraftichen, welche in Betracht kommen, stetig geringer-zählig werden, zu je höherer Ordnung man fortschreitet.

Wenn in den vier Zweigen der Fichte, welche in diesem Sinne unter-

fucht wurden, nun eine und dieselbe Divergenz für die Grundspirale herrschte, so würde das System in einer gewissen geometrischen Beziehung außerordentlich complicirt sein. Nehmen wir an, es herrsche an allen Zweiglein die $\frac{8}{21}$ -Divergenz für jeden Schritt der Grundspirale, und suchen wir die Anzahl der ganzen Stammumläufe der Faser zu bestimmen für eine gegebene Stammlänge. Diese letztere möge (wie am nächsten liegt) bestimmt sein durch ganze Stammumläufe der Grundspirale.

Wir erhalten für:

den Zweig 1 einen Fastrumlauf für 104 Umläufe der Grundspirale,

» » 2 » » » 64 » » »

» » 4 zwei Fastrumläufe » 40 » » »

Man ersieht, daß hier eine complicirte Beziehung zwischen dem Verlauf der Faser und der Stellung der Blätter in der Grundspirale herrscht, welche in auffälligem Widerspruch steht zu den einfachen Beziehungen, welche zwischen der Divergenz der Grundspirale und den zugehörigen Paraftichen herrschen. Aehnliches würde sich bei den Ablefungen an der Kiefer herleiten lassen, wenn wir annehmen, der Divergenzwinkel sei für alle Zweiglein der gleiche, und zwar $\frac{5}{13}$. Wir erhielten in:

dem Zweig 1 einen Stammumlauf der Faser auf 40 Umläufe der Grundspirale,

» » 2 » » » » 25 » » »

» » 4 zwei Stammumläufe » » » 15 » » »

Aus den Zahlen 40, 25, 15 erhält man aber, indem man sie mit dem Nenner des seitlichen Divergenzbruches multiplicirt, die Anzahl der Blätter, und indem man die Vertical-Distanz zweier im Sinne der Grundspirale aufeinander folgender Blätter einführt, die ganzen Stammumläufe der Faser ausgedrückt in Blattlängen. Die Unwahrscheinlichkeit, daß der gleiche Divergenzwert für alle die angeführten Zweigordnungen gelte, wird dadurch zur Genüge dargestellt. Ganz anders gestaltet sich das Verhältniß, wenn man annimmt, daß der Werth der seitlichen Divergenz mit wachsender Ordnungszahl der Zweige sinke von $\frac{8}{21}$ nach $\frac{5}{13}$, nach $\frac{3}{8}$ u. s. f. Wir erhalten alsdann, wenn der Divergenzwert aus den höchstzähligen Paraftichen gebildet wird, für die Fichte:

im Haupttrieb 1 seitliche Divergenz $\frac{8}{21}$ einen Umlauf der Faser auf 104 Umläufe der Grundspirale,

» Zweig 2 » » $\frac{5}{13}$ einen Umlauf der Faser auf 40 Umläufe der Grundspirale,

» » 4 » » $\frac{3}{8}$ einen Umlauf der Faser auf 18 Umläufe der Grundspirale.

Für die Kiefer würden die Fasern so verlaufen:

im Ast 1 $\frac{5}{13}$ seitliche Divergenz ein Umlauf der Faser auf 104 Umläufe der Grundspirale,

im Aft 2 $\frac{3}{8}$ seitliche Divergenz ein Umlauf der Fafer auf 18 Umläufe
der Grundspirale,
» » 4 $\frac{2}{5}$ » » ein Umlauf der Fafer auf 6 Umläufe der
Grundspirale.

Jetzt läßt sich ein einziger Umlauf der Fafer in ganzen Umläufen der Grundspirale ausdrücken.

Die allgemeine Behandlung dieser Aufgabe hat ein morphologisches Interesse, sie ist indeß nur eine Erweiterung der früher behandelten Probleme (f. S. 253). Sie kann so ausgesprochen werden: «Wenn an einem regelmäßigen Zweige durch die Beobachtung bekannt ist: die seitliche Divergenz, diejenige Parastiche, in welcher die Fafer verläuft, und der senkrechte Abstand zweier Blätter, so soll ein Stammumlauf der Fafer ausgedrückt werden durch eine Stammlänge». Wir suchen zuerst die Anzahl geringer Stammumläufe der Faferparastiche auszudrücken durch ganze Stammumläufe der Grundspirale. Von einem gegebenen Blatte o, dem ersten Schnittpunkt der zwei Spiralen, gehen wir aus und suchen als zweiten Schnittpunkt beider Schraubenlinien ein Blatt, welches in derselben Orthostiche liegen muß, in welcher o liegt. Offenbar muß die Zahl des zweiten Schnittpunktes so beschaffen sein, daß sie sowohl den Nenner des Divergenzbruches, als auch die coordinirte Parastichenzahl als gemeinsamen Theiler enthält. Es möge als Beispiel in der $\frac{2}{5}$ -Stellung, wie bei der Eiche, der zweite Schnittpunkt gesucht werden für die 2er und 3er Faferparastichen. Für die erstere kann er nur 10, mit den gemeinsamen Theilern 5 und 2, für die letztere kann er nur 15, mit den gemeinsamen Theilern 5 und 3 sein. In derselben Weise erhält man in der $\frac{3}{8}$ -Stellung für die 2er, 3er, 5er u. f. f. Faferparastichen das 8., 24., 40te u. f. f. Blatt als zweiten Schnittpunkt.

Nun ist es leicht, aus der Zahl des gefundenen zweiten Schnittpunktes die Anzahl der ganzen Kreisumläufe der Grundspirale zu finden. Sie ist offenbar gleich $Z/Q \gamma$, wo Z die Zahl des Blattes im zweiten Schnittpunkt, Q den Nenner des Divergenzwinkels und γ die Zahl der betreffenden Faferparastiche bedeuten. Für unsere beiden Parastichen der 2er und 3er in der $\frac{2}{5}$ -Divergenz erhalten wir 4 Kreisumläufe für die 2er Faferparastiche und 6 Kreisumläufe für die Grundspirale bis zum zweiten Schnittpunkt mit der 3er Faferparastiche.

Auf jene ganzen Kreisumläufe der Grundspirale muß aber eine ganze Anzahl von eben solchen für die betreffenden Parastichen kommen. Um diese letzteren zu erhalten, ist eine weitere Betrachtung nöthig; man muß die seitliche Divergenz jeder gegebenen Parastiche kennen. Diese findet man nach der obigen Abhandlung (f. S. 253), wenn man beachtet, daß alle zu einem gegebenen Divergenzwert h gehörigen Parastichen 2, 3, 5, 8

u. f. f. mit dem Zähler der gegebenen Divergenz multiplicirt und durch den Nenner dividirt eine kleine ganze Zahl zum Rest lassen. Diese ist der Zähler ihrer feitlichen Divergenz, so erhalten wir für alle Paraftichen der $\frac{5}{13}$ -Stellung z. B.:

die 2er mit der feitlichen Divergenz $\frac{3}{13}$,

» 3er » » » » $\frac{2}{13}$,

» 5er » » » » $\frac{1}{13}$,

» 8er » » » » $\frac{1}{13}$.

Nennen wir allgemein den Divergenzwinkel P/Q , die diesem Werthe gehörige Paraftichenreihe n (2), n_2 (3), n_3 (5), n_3 , n_4 u. f. f., so finden wir, daß bei der niedrigsten Paraftiche der dritthöchste Werth der Paraftichenreihe im Zähler ihres Divergenzwinkels steht; in der nächsten ist es der viertletzte Werth u. f. f., wie die beifolgende Tabelle zeigt:

Die Paraftichendivergenz in Blattstellungen nach									
Paraftichen		$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{13}$	$\frac{8}{21}$	$\frac{13}{34}$	$\frac{21}{55}$	$\frac{34}{89}$	$\frac{55}{144}$
n	2	$\frac{1}{5}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{13}$	$\frac{8}{21}$	$\frac{13}{34}$	$\frac{21}{55}$	$\frac{34}{89}$	$\frac{55}{144}$
n^1	3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{13}$	3	5	8	13	21
n^2	5	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{13}$	2	3	5	8	13
n^3	8		0	$\frac{1}{13}$	1	2	3	5	8
n^4	13			0	1	1	2	3	5
n^5	21				0	1	1	2	3
n^6	34					0	1	1	2
n^7	55						0	1	1
n^8	89							0	1
n^9	144								0

In dieser Tabelle find die Nenner der in einer Colonne stehenden Brüche nur bis zum dritten Divergenzwert verzeichnet, in den übrigen wurden sie, da sie nicht veränderlich find, weggelassen.

Um nun zu den früher gefundenen Blättern im zweiten Schnittpunkte (der Grundspirale mit einer beliebigen gegebenen Faferparaftiche) die ganzen Kreisumläufe dieser letzteren durch eben solche der Grundspirale ausgedrückt zu erhalten, dividiren wir mit dem aus der vorstehenden Tabelle erhaltenen Zähler der feitlichen Divergenz (der Paraftiche) in den Nenner der feitlichen Divergenz der Grundspirale. Der Quotient ist offenbar die Anzahl der Blätter, welche auf einen Kreisumlauf der betreffenden Paraftiche vertheilt find. Derselbe kann eine gebrochene Zahl sein, weil offenbar in einem Umgang der Paraftiche eine ganze Anzahl von Schritten der Grundspirale nicht vorzukommen braucht. Sucht man nun zu jener gebrochenen Zahl denjenigen Multiplicator, welcher eine ganze Zahl ist und so beschaffen sein muß, daß das Product eine ganze Zahl ist, so ist der Multiplicator die

ganze Anzahl von Kreisumläufen der Grundspirale. Das soeben erhaltene Product aber ist die Zahl der Blätter, welche die Faserparastiche in dieser Bahn berührt.

Als Beispiel möge die 2er einer Faserparastiche der $\frac{13}{34}$ -Stellung gewählt sein. Ihr zweiter Schnittpunkt mit der Grundspirale ist das Blatt 34. Sie verbindet die Blätter 0, 2, 4 u. f. f. unter der Divergenz $\frac{8}{34}$. Auf einen ihrer Umläufe kommen offenbar $\frac{34}{8}$ Blätter gleich $4\frac{1}{4}$. Die nächste ganze Anzahl von Blättern, welche gefordert ist, wird erhalten, indem wir $4\frac{1}{4}$ mit 4 multipliciren, demgemäß ist 4 die Anzahl ganzer Umläufe. 17 ist die Anzahl der dabei verbundenen Blätter, und diese ist gleich der Hälfte der durch die Grundspirale in 13 Umläufen berührten.

Die nachfolgende Tabelle, welche mit Hilfe der ersten (S. 278) benutzt, alle hier einschlägigen Bestimmungen bis zur $\frac{21}{55}$ er erschöpft, schließt sich aber nur dann derjenigen Gesetzmäßigkeit an, welche in ersterer Tabelle in den Divergenzen der Faserparastichen ihren Ausdruck findet, wenn wir für 2 Divergenzwerte eine Ausnahme von der Aufgabe machen, «die kleinste ganze Zahl von Kreisumläufen aufzufuchen».

	$\frac{2}{5}$			$\frac{3}{8}$			$\frac{5}{13}$			$\frac{8}{21}$			$\frac{13}{34}$			$\frac{21}{55}$		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
2	10	4	1	16	6	2	26	10	3	42	16	5	68	26	8	110	42	13
3	15	6	1	8	3	1	39	15	2	63	24	3	34	13	4	165	63	8
5				24	9	1	65	25	1	21	8	1	102	39	5	275	105	5
8				40	18	1	104	40	1	105	40	2	170	65	3	55	21	21
13										168	64	1	136	52	2	440	168	3
21										273	104	1	442	169	1	715	273	2
34													714	441	1	1155	431	1
																1970	714	1

Diese Ausnahmen wurden gemacht für die 2er in der $\frac{3}{8}$ -Divergenz, wo alle Zahlen unter I, II, III verdoppelt wurden, ferner in der $\frac{8}{21}$ -Divergenz für die 3er, wo alle Zahlen ebendasselbst verdreifacht, in der $\frac{13}{34}$ -Divergenz für die 2er, wo alle Zahlen verdoppelt, und endlich in $\frac{21}{55}$ -Divergenz für die 5er, wo alle Zahlen fünffach gesetzt wurden.

Die Tabelle enthält unter I die Anzahl der Blätter, welche zwischen dem ersten und dem zweiten Schnittpunkt der Grundspirale und der Parastiche liegen, unter II die ganzen Stammumläufe der Grundspirale, unter III dieselben für die Parastiche zwischen jenen Schnittpunkten.

3. Homodromie und Antidromie.

Bei der Fichte und allen *Picea*-Arten, bei der Tanne und allen *Abies*-Arten und wohl auch bei allen Kiefern gilt in Hinsicht der in dem stabilen fertigen System herrschenden Paraftichen das Folgende:

Alle an der Stammoberfläche kenntlichen Gefäßspuren verlaufen in der Richtung einer Paraftiche von bestimmter Zähligkeit. Bei dem Stamm und einem solchen herrschenden Ast, welcher nahezu gleiche Mächtigkeit mit dem Stamm erreicht, ist es die 13er, bei dem Zweig höherer Ordnung ist es die 8er, bei einem Zweig der letzten Ordnungen ist es die 5er. Ja, es gibt dünne, ganz unterdrückte Fichtenzweiglein, an welchen die charakteristischen Fibrovasalfpuren in den 3er Paraftichen verlaufen. Aus den experimentell bestimmten Richtungen zweier consecutiven Paraftichen an einem gegebenen Zweig kann man

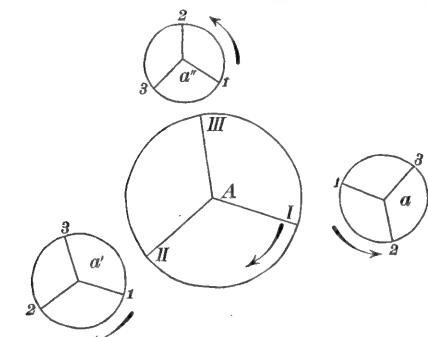


FIG. 156. Schema der Ausbreitungsfolge von *Alnus glutinosa* (nach der Natur). Die Divergenz in dem Haupttrieb *A*, sowie in den Zweigen der ersten Ordnung ist $1/3$. Die Spirale steigt, nach dem kurzen Weg gerechnet, in *A* von links nach rechts, in *a* von rechts nach links, in *a'* von rechts nach links, in *a''* von links nach rechts.

nach der Tabelle, S. 258, nun leicht die Richtung der niederen bis zur 1er (also der Grundspirale) auffinden. Von den aufeinanderfolgenden Zweiglein 1, 2, 3 u. f. f. eines tragenden Astes bei der Fichte findet man nun, sowohl:

- a) 1 antidrom, 2 homodrom, 3 antidrom, bezogen auf die tragende Axe, als auch
- b) 1 antidrom, 2 antidrom, 3 homodrom, bezogen auf die tragende Axe,
- c) 1 homodrom, 2 homodrom, 3 homodrom, bezogen auf die tragende Axe.

Diese scheinbare Gefetzlosigkeit ist leicht erklärlich: von den vielen möglichen Axillarpfossen bei den Abietineen werden nur wenige ausgebildet und die Stellung dieser ist eine regellose: um zu entscheiden, ob in der Reihe der möglichen Axillarpfossen 1, 2, 3, 4 u. f. f. das Gefetz des steten Wechsels in der Richtung der Grundspirale herrscht, hat man aufzufuchen:

- 1° die Richtung der Grundspirale in der tragenden Axe,
- 2° die Richtung der Grundspirale in drei aufeinanderfolgenden Zweiglein der nächsten Ordnung,
- 3° die Ziffern, welche denjenigen Blättern in der Bezifferung der Grundspirale an dem tragenden Aste zukommen, zu welchen die drei Zweiglein gehören.

Die Bestimmungen, welche ich in diesem Sinne an *Picea excelsa* und *rubra*, *Abies pectinata* und *alba* ausführte, ergaben daselbe Resultat:

Die Richtung der Grundspirale wechselt von einem nach dem andern Axillarsproß des nächst höheren Blattes.

Ich führe eine der Versuchsreihen aus an einem Zweig der Fichte mit drei Seitenzweiglein:

1^o Die tragende Axe zeigt 8 Paraftichen von rechts nach links,
 » » » » 5 » » links » rechts.

Die Richtung der Grundspirale ist somit von rechts nach links nach der Tabelle S. 257.

2^o Im untersten Seitenzweig die 3er von rechts nach links,
 » » » » 2er » links » rechts,
 die Grundspirale somit von rechts nach links.

Im nächst oberen die 3er von links nach rechts,
 » » » » 2er » rechts » links,
 die Grundspirale somit von links nach rechts.

Im obersten die 5er von links nach rechts,
 » » » 3er » rechts » links,
 die Grundspirale somit von rechts nach links.

3^o Gibt man dem untersten Zweiglein die Ziffer 0, so wird das oberste durch 2 Schritte der 13er erreicht, dieses heißt somit 26. Das nächstoberste, bezogen auf 0, wird erreicht durch 3 Schritte der 8er und 1 Schritt der 5er aufwärts und 1 Schritt der 8er abwärts, es heißt somit 21. In der Reihe der möglichen Axillarsprosse 1, 2, 3 u. f. f. würden, bezogen auf unser Ausgangszweiglein 0, alle geradezähligen homodrom, alle ungeradezähligen antidrom sein. In der That ergibt sich aus den Beobachtungen unter 2 und 3 die Richtung der Grundspirale

im Zweiglein 0 von rechts nach links,
 » » 21 » links » rechts,
 » » 26 » rechts » links.

Aus den Beobachtungen ergibt sich die Methode in wenigen Worten: um zu entscheiden, ob an einem dicht beblätterten System, an welchem nicht alle Zweige ausgebildet werden, die Richtung der Grundspirale von Axillarsproß zu Axillarsproß ihre Richtung verändert, hat man nachzuweisen, daß die geradezähligen Zweige, bezogen auf den Ausgangszweig homodrom, die ungeradezähligen antidrom sind, bezogen auf die tragende Axe.

§ 20. Isospore Gefäßskryptogamen. I. Equiseten.

Die Stufenreihe nach der anatomischen und morphotischen Gliederung geordnet stellt die Equiseten als diejenigen Gefäßpflanzen zu unterst, welche noch deutliche Anpassung an das Leben im Wasser zeigen. Es folgen die Farrenkräuter und Lycopodiaceen. Wie schon oben angedeutet, besteht in der Form so gut wie gar kein gegenseitiger Anschluß, während durch die Keimungsgeschichte die Blutsverwandtschaft als erwiesen angesehen werden muß.

A. Morphologie des Stammes.

Mit den Equiseten treten ganz abgehehen von der geschlechtertragenden Generation zum ersten Mal in der Kette der Verwandtschaftskreise, welche bisher verfolgt wurden, zwei vegetative Sproßformen auf. «Ein unterirdisches perennirendes kriechendes Rhizom, an welchem aus der Basis die rudimentären Blattwirtel mit blassen Blattschuppen versehen und die ebenfalls im Quirl stehenden Wurzeln gebildet werden.» An dem horizontal fortwachsenden Rhizom entstehen axillare Zweige, welche senkrecht nach oben wachsen. Sie stellen die zweite Sproßform dar. Von Jahr zu Jahr entstehen mehrere solcher grün gefärbter Laubzweige. Die vegetative Vermehrung herrscht bei den Equiseten vor. Sie wird vermittelt durch Bruchstücke des Rhizomes und durch Brutknospen als metamorphe Axillartriebe, während die Sporengeneration (wenigstens jetzt) in der freien Natur selten vorkommt. Der Habituscharakter liegt in der Gliederung des Stammes, derselbe zerfällt streng architektonisch in Blattquirlstücke und hohle Interfolien. Die Blätter sind rudimentäre Schuppen von geringer Ausdehnung, welche an der Basis in einer Scheide verwachsen sind. Aus dem Quirl entspringen die Seitenzweige. Das System ist sich selbst ähnlich bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt.

B. Theilung und Zuwachs am Vegetationspunkt¹⁾.

Der Vegetationspunkt der Equiseten ist ein steiler Kegel, an welchem die Blattquirls dicht gedrängt mit allmäliger Verjüngung nach der Scheitelzelle zu stehen. Der Scheitel wird von einer einzigen dreiseitigen, verkehrt pyramidalen Scheitelzelle beherrscht, die Segmentbildung ist ähnlich wie bei den Moosen im Beginn mit cyclischer Lage der Segmente. Bis ganz nahe an den Scheitel treten, allmähig kleiner werdend, die Hohlräume der

¹⁾ REES, PRINGSH. Jahrb. Bd. VI.

Interfolien gegenseitig getrennt durch die Gewebequerplatten der Knoten auf. Da die Segmentierung am Scheitel, wenn nicht andere Wachstumsmodalitäten mitwirkten, zu einer schraubenlinigen (cyclischen) und nicht zur Wirtelstellung führen würde, ist es von Interesse den Vorgang der Quirlbildung aus den Segmenten zu studiren. Die ursprüngliche Anlegung der Segmente ist $\frac{1}{3}$, je drei bilden einen Segmentumlauf nach der Fig. 111 B bei den Moosen. Der Quirl läßt sich auf drei Segmente zurückführen, welche sich zunächst in Sextanten theilen. Zwischen einem Segmentumlauf und dem zweiten muß eine merkliche Pause eintreten, ehe das erste Segment des neuen Umlaufs auftritt. Während dieser Zeit theilen sich die Segmente regelmäßig durch radial und tangential gestellte Wände. Die jüngeren Segmente des Umlaufs gleichen sich mit den älteren aus. Es entstehen sechs (und andere Multipla von 3) Gewebegruppen, welche in gleichem Niveau liegen, die Initialen des Quirls darstellen, durch Gabelung aus den einzelnen Gliedern höhere Zahlen. Die Innenzellen des Segmentes theilen sich und bilden das Mark, die Außenzellen bilden die anfänglich mit einer Scheitelzelle wachsenden Blattanlagen, welche an der Basis in eine Scheide verwachsen bleiben. Mit der Streckung spalten sich die markbildenden Innenzellen eines Segmentumlaufes von den nächst oberen und unteren und stellen eine aus 4—5 Zellenlagen bestehende Querplatte (Diaphragma) zwischen den luftführenden Höhlen der Interfolien dar. Die Zahl der Blattzähne schwankt zwischen 3, 4, 7, 8 und Multiplen von 3. Die aufeinanderfolgenden Quirle alterniren. Bei monströsen Ausbildungen lösen sich die Quirle in die cyclische Blattstellung auf. Die Seitenzweige sind Axillarsprosse und wachsen in übereinstimmender Weise mit dem Haupttrieb. Auch die Wurzel wächst mit einer einzigen dreiseitigen Scheitelzelle, welche nach Außen die Initialzelle für die Wurzelhaube abscheidet. Die Wurzeln entspringen in der Nähe des Stammknotens in Quirlen im Innern des Rindgewebes.

C. Die Anatomie des Stammes.

Bei den Equifeten tritt die Ausbildung der Fasergewebe bis auf die Bildung der Spiralgefäße zurück. Der Querschnitt der Stämme zeigt unter der spaltenführenden Epidermis sich differenzirt in eine periphere Schale von Grundgewebe, in welchem 5—8 primäre, luftführende Intercellularräume stehen, welche mit ebensoviel primären Gefäßbündeln in gleichem Abstände alterniren. Die letzteren sind umgeben von der aus einer Zellenlage gebildeten Schutzscheide¹⁾. Das Gefüge des Stammes ist durch die luftführenden Interfoliarräume des Markes und die Intercellularräume der

¹⁾ PFITZER, Ueber die Schutzscheide der Equifeten. PRINGSH. Jahrb. Bd. VI.

Rinde ein lockeres. Die Festigkeit des Systemes wird vorzugsweise durch die mit Kieselsäure inkrustirte Epidermis und die peripheren Gewebelagen hergestellt. Das Gefäßbündel enthält wenige Spiral- und Ringgefäße, welche von einer Gruppe gestreckter Leitzellen umgeben sind. Die Anatomie zeigt somit die charakteristischen Züge der wasserbewohnenden Gefäßpflanzen.

D. Sexuelle Fortpflanzung.

Die Sporangien entstehen als Seitenzweige oder Blattanlagen an dem Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze, entweder am Haupttrieb dieser, oder an einem besonderen von dem perennirenden Rhizom entspringenden Aste. In der Anlage unterscheiden sich

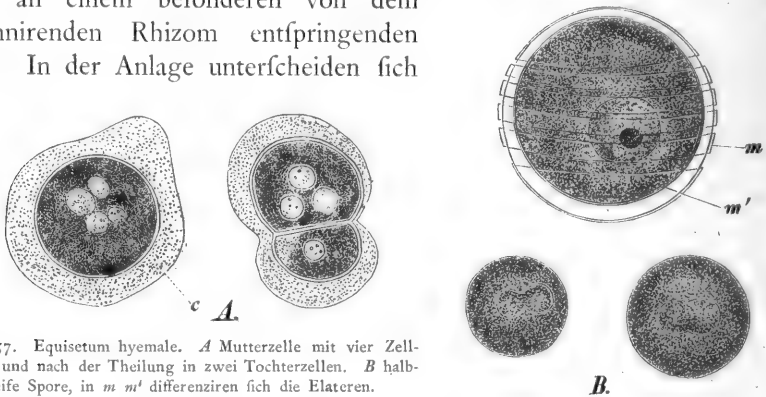


FIG. 157. Equisetum hyemale. A Mutterzelle mit vier Zellkernen und nach der Theilung in zwei Tochterzellen. B halb-reife Spore, in *m m'* differenziren sich die Elateren.

die Sporangien bis zur weiter vorgeschrittenen Theilung nicht von den Blattanlagen. Der Kegel bleibt verkürzt. Die Sporangien platten sich zu 6—8seitigen Schildern durch den gegenseitigen Druck ab. Zur Zeit der Sporenanlegung ist das Sporangium ein gestielter schildförmiger Körper, dessen Schildfläche in der Außenfläche des Zapfens liegt; die Sporenfäcke in der Anzahl von 2—5 sitzen diesem nach der Stammaxe zugekehrt an.

Das Sporangium besitzt eine zur Zeit der Reife elastisch gespannte und aufreißende Wandschicht, welche die Sporenmutterzellen umgeben.

Das Charakteristische in der Entwicklung der Equiseten-spore liegt darin, daß nachdem die Sporenmutterzelle durch Zwei- oder Viertheilung der Mutter- und Urmutterzellen entstanden ist, durch Vollzellbildung der gesamte Plasmahalt nochmals in eine kuglige Membran *m'* eingehüllt und die Mutterzelle *m* sich in zierliche Spiralbänder zerklüftet, welche bis zur Sporenreife erhalten bleiben und als elastisch hygroskopische Elateren die Auflockerung und Zertreuung des Sporenpulvers erleichtern. Die Keimung der kugligen mit Chlorophyllplasma erfüllten Sporen beginnt bald nach der Ausfaat auf eine feuchte Unterlage. Das Endosporium bildet zunächst eine Kette von tonnenförmig angeschwollenen und zuweilen gekrümmten chlorophyllführenden Zellen, von welchen sehr bald die ersten ungegliederten

Wurzelzellen hervorsprossen. In dem weiteren Verlauf der Ausbildung unterscheidet sich das männliche von dem weiblichen Prothallium. Das männliche ist von der Ansatzstelle an die Spore ab unregelmäßig flächenförmig, am apicalen Rande unregelmäßig dichotomisch gelappt, aber im Allgemeinen weniger verzweigt als das weibliche. Die Antheridien entstehen in der Mehrzahl der Fälle aus den Endlappchen zur Zeit, wo diese noch wenigzellig sind. Dieselben gliedern sich in eine Wand- schicht, welche aus einer Zellenlage besteht, und mehrere im Innern der Fläche belegene Urmutterzellen für die Spermatozoiden. Hierdurch unterscheidet sich das Antheridium von demjenigen der Farrenkräuter, wo die Entwicklung mit einer einzigen Urmutterzelle beginnt. Die Mutterzellen theilen sich in zahlreiche cubische Zellchen, von welchen jede ein Spermatozoid ausbildet, daselbe unterscheidet sich von den Spermatozoiden der Moose und übrigen Kryptogamen durch eine breite Floße an der breitesten Windung, Fig. 158.

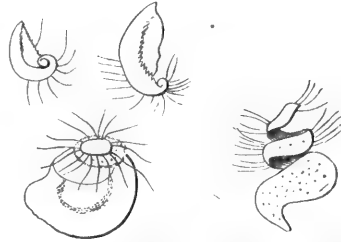


FIG. 158. Spermatozoiden der Equiseten. (Nach SCHACHT, Die Spermatozoiden des Pflanzenreichs.)

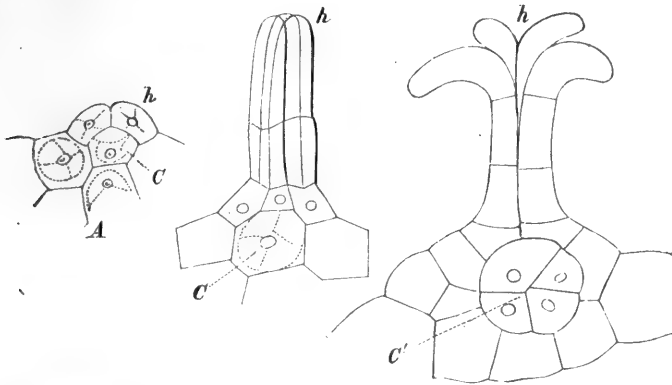


FIG. 159. Archegonium von Equiseten. A Anlage des Archegonium, C Centralzelle, C' vierzelliger Embryo, h Halscanal.

Das weibliche Prothallium¹⁾ ist reicher verzweigt, die einzelnen Lappen sind länger und kraus, die Archegonien entstehen an der Basis der Lappchen aus zwei Oberflächenzellen *h*, Fig. 159, welche durch wiederholte Theilung den Halscanal bilden. Die Centralzelle *C*, Fig. 159, wird zur Gonosphäre. Der Halscanal besteht aus vier Zellreihen, welche 2—3 Mal gegliedert sind. Er öffnet sich durch Zurückschlagen der vier oberen

¹⁾ Bei der Ausaat der Sporen treten die männlichen Prothallien reichlicher auf als die weiblichen.

gestreckten Zellen. Die befruchtete Keimzelle theilt sich in vier Quadrantenzellen *C'*, Fig. 159.

Die Entwicklung der vierzelligen Keimanlage *C'* läßt sich in diesem Sinne verfolgen: eine der Zellen wird zur Wurzel, die diagonal gegenüberliegende wird zum Vegetationspunkt des Stammes, die beiden anderen

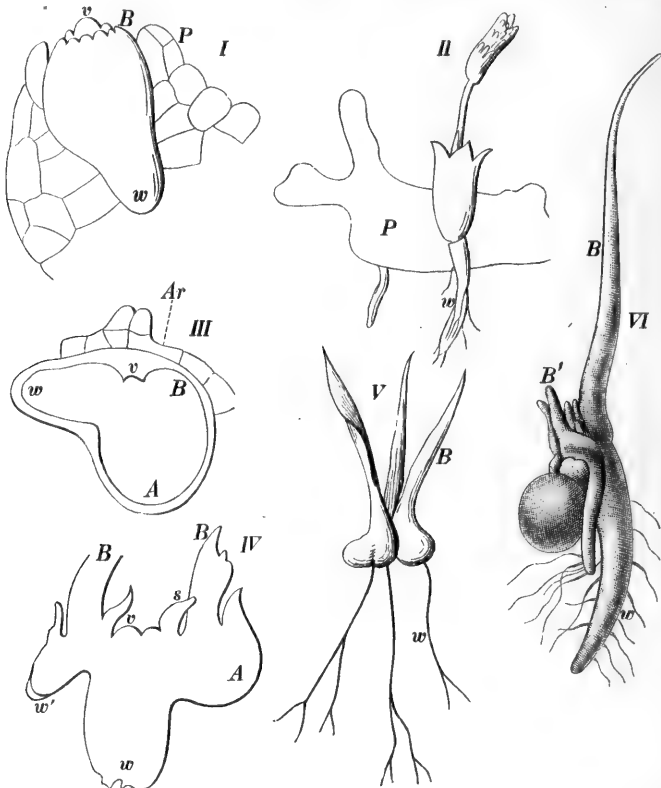


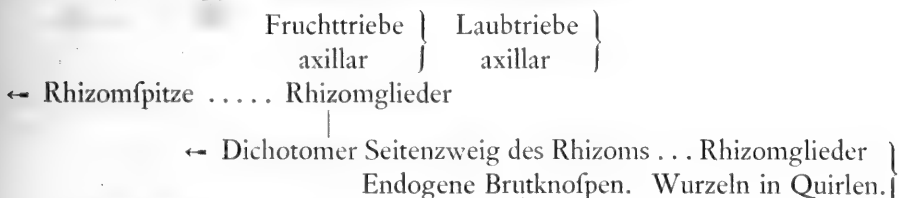
FIG. 160. Schematische Darstellung der Keimpflanzen. I II Equisetum, *w* Wurzel, *B* Blattwirtelanlage, *v* Vegetationspunkt des Stammes, *P* Prothallium. III—V Isoetes, *B* das Keimpflänzchen, *w* *w'* die Wurzeln, *v* Vegetationspunkt, *A* primäre Axe. VI Marsilea, Keimpflanze noch mit der Makropore in Verbindung, *B* *B'* Blätter, *w* Wurzel. Der Vegetationspunkt der beblätterten Axe ist zwischen den ersten Blättern *B* *B'* und noch drei cylindrischen Blattwarzen eingeschlossen. Die ganze Keimpflanze ist noch mit ihrer primären Axe mit der Makropore verwachsen.

werden zum Ringwall an der primären Axe. Die junge Pflanze verharrt einige Zeit in dem Prothallium, ihre Axe ist etwas zur Axe der lothrecht stehenden Prothalliumzweige geneigt, Fig. 160 I. Endlich durchbricht die Wurzel nach abwärts, der Stamm nach aufwärts wachsend daselbe, Fig. 160 II. Die Entwicklung der Keimanlage von den Quadrantenzellen ab hat, dem Bau des vegetativen Equifetenkörpers entsprechend, keinen Anschluß an die übrigen Gefäßskryptogamen.

E. Systematische Uebersicht.

Die Equifeten haben den geringsten morphotischen Anschluß. In der Urzeit waren sie von baumartiger Größe, sie sind jetzt zu unbedeutenden perennirenden Rhizompflanzen herabgefunken. Eine einzige Gattung, *Equisetum*, mit zwei morphologisch nach der Wuchsform unterschiedenen Sectionen. Der allgemeine Verlauf des Wachstums kann durch dieses Schema ausgedrückt werden, wenn man sich vorstellig macht, daß das horizontale Rhizom in der Richtung des Pfeiles unter dem Boden wachse:

I. Entwicklungscycclus der Stammpflanzen.



Von dem horizontalen Rhizom entspringen zuerst die sporangientragenden, aus Axillarprossen entstehenden Triebe im Frühling. Im Sommer folgen die blattragenden: *Heterocaulia*, *Equisetum arvense*, *Telmateja*.

Von dem Rhizom entspringen nur beblätterte Zweige, welche mit ihren End- oder Seitentrieben mit den Sporangien abschließen: *Homocaulia*. *Equisetum sylvaticum*, *pratense*, *palustre*, *hyemale*, *elongatum*.

Die Vermehrung durch Sporen ist in der freien Natur bisher nicht beobachtet. Sie spielt jedenfalls gegenüber der vegetativen durch Sporenbildung und Brutknospen eine geringe Rolle.

§ 21. Isospore Gefäßpflanzen. II. Farrenkräuter, Filices¹⁾.

A. Generation.

Die Farrenkräuter schließen in ihrer anatomischen Gliederung und ihrer Morphologie eher an alle höheren Formen als an irgend eine Gruppe der bisher betrachteten Kryptogamen an. Die Stellung dieser prächtigen

¹⁾ Literatur: Gefäßkryptogamen.

¹⁰ Equifeten.

J. MILDE, Ueber Antheridien bei keimenden Equifeten. 448. Bot. Ztg. 50. PRINGS-HEIM, Notiz über die Schleuderer von *Equisetum*. 241. Bot. Ztg. 53. — G. W. BISCHOFF, Bemerkungen zur Entwicklungsgeichte der Equifeten. 97. Bemerkungen zur Entwicklungsgeichte der Lebermoose. 113. Bot. Ztg. 53. — C. SANIO, Beitrag zur Kenntniß der Entwicklung der Sporen von *Equisetum palustre*. 177. 93. Bot. Ztg. 56. Einige wei-

Pflanzen wird am besten überschaut, wenn die Entwicklung von der Spore hergeleitet wird.

Die auf feuchter Unterlage keimende Farrenspore sprengt nach wenigen Tagen das Exosporium. Das Endosporium bildet eine Flächenzelle, welche sich mehrfach in der Fläche theilt oder zunächst zu einem mehrzelligen Fadenkeim auswächst, um zuletzt Flächenform anzunehmen. Dieses Pro-

tere Bemerkungen über die Sporenentwicklung bei den Equiseten. 657. Bot. Ztg. 57. — Dr. ERNST PFITZER, Ueber die Schutzscheide der deutschen Equisetaceen. Jena. Fr. Frommann. 1867. — HOFMEISTER, Vergl. Unterf. d. höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. — M. REES, Zur Entwicklungsgegeschichte der Stammspitze von Equisetum. PR. Jahrb. Bd. VI. Seite 209. 1867—68. — A. MILLARDET, *Le Prothallium mâle des cryptogames vasculaires. Strasbourg.* G. Silbermann. 1869. — ED. v. JANCZEWSKI, Vergl. Unterf. über die Entwicklungsgegesch. des Archegoniums. 377. 401. 440. Bot. Ztg. 72. — CHR. LÜRSSEN, Kleinere Mittheilungen über den Bau und die Entwicklung der Gefäßkryptogamen. 625. 641. Bot. Ztg. 73.

2° Farrenkräuter.

H. SCHACHT, Beitrag zur Entwicklungsgegesch. des Sporangiums wie der Sporen einiger Farrenkräuter. 537. 53. Bot. Ztg. 49. Ueber ein neues Secretionsorgan im Wurzelstock von Nephrodium filix mas. PR. Jahrb. Bd. III. Seite 352. 1863. — A. FISCHER v. WALDHEIM, Ueber die Entwicklung der Farrensporen. PR. Jahrb. Bd. IV. Seite 349. 1864. — MAX REES, Zur Entwicklungsgegeschichte des Polypodiaceensporangiums. PR. Jahrb. Bd. V. Seite 217. 1866—67. Bemerkungen zur Entwicklungsgegeschichte des Polypodiaceensporangiums. 198. Bot. Ztg. 67. — H. G. HOLLE, Ueber Bau und Entwicklung der Vegetationsorgane der Ophioglossen. 241. 265. 281. 297. 313. Bot. Ztg. 75. — W. BURCK, Vorläuf. Mittheil. über die Entwicklungsgegesch. des Prothalliums von Ancimia. 499. Bot. Ztg. 75. — L. KNY, Entwickl. d. Parkeriaceen. Nov. act. d. Kais. Leop. Carol. Deutsch. Ak. d. Naturforscher. Bd. XXXVIII. Nr. 4. — Dr. W. G. FARLOW, Ueber ungeschlechtliche Erzeugung von Keimpflänzchen aus Farren-Prothallien. 180. Bot. Ztg. 74. — H. BAUKE, Entwicklungsgegeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen, verglichen mit derselben bei den anderen Farrenkräutern. PR. Jahrb. Bd. X. S. 49. — HOFMEISTER, Vergleich. Untersuchungen. — KUNTZE, Farrenkräuter. Leipzig. E. Fleischer. 1840. — Dr. L. KNY, Die Entwicklung der Parkeriaceen, dargest. an Ceratopteris thalictroides, BRONGN. Dresden. E. Blochmann & Sohn. 1875. Beiträge zur Entwicklungsgegeschichte der Farrenkräuter. PR. Jahrb. VIII. S. 1. — H. SCHACHT, Die Spermatozoiden im Pflanzenreiche. Braunschweig. Vieweg. 1864. — E. STRASBURGER, Die Befruchtung bei den Farrenkräutern. PR. Jahrb. Bd. V. Seite 390. 1866—67. — Dr. L. KNY, Ueber den Bau und die Entwicklung des Farren-Antheridiums. (A. d. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. Berlin 1869.) Buchdruckerei d. Kgl. Akad. d. Wissensch. Berlin. — Dr. CHR. LÜRSSEN, Die Pflanzengruppe der Farrenkräuter. Berlin. C. G. Lüderitz'sche Buchhandlung (Carl Habel). 1874.

3° Isoëten und Lycopodiaceen.

HOFMEISTER, Lycopodiaceen und Isoëten. Vergl. Untersuchungen, Leipzig 1851, und Berichte der phys.-math. Sect. Leipzig. — A. BRAUN, Ueber eine neue in Neufeland entdeckte Art der Gattung Isoëtes. Monatsber. d. K. Akad. d. Wissensch. 1869. — LUDWIG JURÁNYI, Ueber den Bau und die Entwickl. des Sporangiums von Psilotum triquetrum. 177. Bot. Ztg. 71. — METHENIUS, Ueber die Sporen von Isoëtes. 688. Bot. Ztg. 48.

thallium wächst zu einem zierlichen flachen Lager mit eingebuchtetem Scheitel; es wurzelt mit Haaren, welche aus der Unterseite entsprossen. Bis auf die mediane Mittelrippe ist daselbe eine einfache Zellenfläche; in dem Scheitel, welcher je nach den Arten an dem vorderen Ende frei oder in

— F. HEGELMAIER, Zur Morphol. der Gattung *Lycopodium*. 773. 789. 805. 821. 837. Bot. Ztg. 72. — ED. STASBURGER, Einige Bermerk. über *Lycopodiaceen*. 81. 97. 113. Bot. Ztg. 73. — J. FANKHAUSER, Ueber den Vorkeim von *Lycopodium*. 1. Bot. Ztg. 73. — F. HEGELMAIER, Zur Kenntniß einiger *Lycopodien*. 481. 497. 513. Bot. Ztg. 74.

4° Rhizocarpeen und Selaginella.

HOFMEISTER, a. a. O. f. oben. — N. PRINGSHEIM, Zur Morphologie der *Salvinia natans*. Jahrb. Bd. III. S. 484. — J. HANSTEIN, Die Befruchtung und Entwicklung der Gattung *Marsilea*. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 197. 1864. — F. HILDEBRANDT, Ueber d. Schwimmblätter von *Marsilea* und einiger anderer amphibischen Pflanzen. 1. 17. Bot. Ztg. 70. — W. PFEFFER, Die Entwicklung des Keimes der Gattung *Selaginella*. (HANST. 4. Heft. 1871.) — E. STRASBURGER, Ueber *Azolla* (mit 7 Tafeln). Jena. H. Dabis. 1873.

5° Gymnospermae.

W. HOFMEISTER, Ueber die geographische Verbreitung der Coniferen im Himalaya. 177. Bot. Ztg. 46. — L. DIPPEL, Zur Histologie der Coniferen. 169. Bot. Ztg. 62. — H. SCHACHT, Ueber den Stamm und die Wurzel der *Araucaria brasiliensis*. 409. 17. Bot. Ztg. 62. — H. v. MOHL, Einige erläuternde Bemerkungen zu der von Prof. SCHACHT gegen meine Darstellung des Coniferenholzes erhobene Reclamation. 460. Bot. Ztg. 62. — L. DIPPEL, Zur Histologie der Coniferen. 253. Bot. Ztg. 63. — GR. KRAUS, Ueber den Bau der Cycadeenfiedern. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 305. 1864. — F. THOMAS, Zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 23. 1864. — Dr. CHRIST, Die Formenkreise der europäischen Pinusarten. 213. 21. 29. Bot. Ztg. 65. — Dr. TH. HARTIG, Ueber die Luftfäcke des Nadelholz-Pollen. 388. Pollenzwillinge. 338. Ueber den Fovellachlauch der Pollenzelle. 388. Bot. Ztg. 67. — H. TH. GEYLER, Ueber den Gefäßbündelverlauf in den Laubblattregionen der Coniferen. Pr. Jahrb. Bd. VI. S. 55. 1867—68. — HOFMEISTER, Vergl. Unterf. Leipzig 1851. Vergl. auch die englische Uebersetzung. — C. SEEHAUS, Ist die Eibe ein norddeutscher Baum? 33. Bot. Ztg. 62. — L. C. TREVIRANUS, *Welwitschia mirabilis*, J. HOOK. 185. Bot. Ztg. 63. — Dr. G. ENGELMANN, Ueber die Charaktere der Abietineen-Genera. 484. Bot. Ztg. 68. — A. RÖSE, *Taxus baccata* L. in Thüringen. Bot. Ztg. 64. S. 298. — Dr. ED. STRASBURGER, Die Befruchtung bei den Coniferen. Jena. Herm. Dabis (Otto Deistung's Buchhandlung). 1869. — A. DE BARY, Notizen über die Blüten einiger Cycadeen. 574. Bot. Ztg. 70. — Dr. PFITZER, Unterf. über die Entwicklung des Embryos der Coniferen. 893. Bot. Ztg. 71. — R. SANIO, Anatomie der gem. Kiefer (*Pinus silvestris*). Pr. Jahrb. Bd. IX. S. 50. — Dr. ED. STRASBURGER, Die Coniferen und die Gnetaceen und Atlas von 26 Tafeln über dieselben. Jena. Herm. Dabis (Otto Deistung's Buchhandlung). 1872. — L. JURÁNYI, Ueber den Bau und die Entwicklung des Pollens bei *Ceratozamia longifolia*, MIG. Pr. Jahrb. Bd. VIII. S. 382. — Stud. C. WINKLER, Zur Anatomie von *Araucaria brasiliensis*. 581. 597. Bot. Ztg. 72. — ED. STRASBURGER, Zur Kenntniß der Archispermenwurzel. 757. Bot. Ztg. 72. — E. DE LA RUE, Beitrag zur Histologie der Coniferenmarkscheide. 289. Bot. Ztg. 73. — H. R. GÖPPERT, Bemerkungen über die Formen der *Pinus montana*, MILL. 41. Bot. Ztg. 64.

einer Einbuchtung des Randes liegt, wird der Zuwachs durch eine oder mehrere Scheitelzellen beforgt. Die Gestalt schwankt zwischen schmal zungenförmigen und breit herzförmigen Lagern. Das Prothallium der Farren ist stets unverzweigt, bis 8—10 mm groß, lebhaft grün. Die Textur der Zellen und die grünen Plasmamassen derselben erinnern an die Textur und Gliederung saftiger Moosblätter. Der Rand des flachen Zellenkörpers glatt oder gezahnt. Die Flächenzellen sind papillös, daher der zarte Glanz dieser Gebilde. Die Lebensweise ist die der durchaus selbständig vegetirenden grünen Jungermannienlager. Das Farrenprothallium entwickelt stets Antheridien, oder Antheridien und Archegonien. Die Befruchtung ist gesichert durch das gefellige Beisammenleben der diöcischen Formen. Antheridien und Archegonien sind von einfacherem Bau als bei den Equiseten.

Das Antheridium entsteht aus einer einzigen Randzelle oder aus einer Zelle der Unterseite. Dieselbe wächst halbkuglig über die Fläche des Prothalliums. Diese theilt sich im einfachsten Falle durch fünf Zellenwände, welche nach außen vier Wandzellen von der Urmutterzelle der Spermatozoiden abgliedern.

Die Bildung der Wand kann auch so vor sich gehen, daß eine Ringwand auftritt, welche aus der halbkugligen Antheridienzelle eine centrale Urmutterzelle der Spermatozoiden von einer ringförmigen Wandzelle abscheidet. Die Urmutterzelle von cubischer Gestalt theilt sich durch senkrecht zu einander stehende Wände in zahlreiche Mutterzellchen, von welchen jedes ein Spermatozoid ausbildet.

Das Spermatozoid ist von ähnlicher Gestalt wie dasjenige der Moose, entbehrt aber der beiden dort vorhandenen Cilien und ist über den ganzen Schraubenkörper mit zarten undulirenden Wimpern besetzt.

Das Archegonium entsteht auf der Unterseite, da wo das Prothallium in der Mediane mehrschichtig ist. An seiner Bildung theiligt sich ursprünglich nur eine Randzelle, welche durch wiederholte Theilung in den aus vier Zellenreihen gebildeten Halscanal und die Centralzelle gegliedert wird. Der Halscanal öffnet sich, indem die vier Zellen einen Interzellularraum bilden. Die Canalzelle (s. oben bei den Moosen, S. 195) wird wie bei den Moosen ejaculirt und bildet eine vor der Mündung liegende Schleimmasse, durch welche die Spermatozoiden ihren Weg nach der Centralzelle nehmen. Diese erhält eine feste Membran, theilt sich in vier Zellen, welche wie Kugelquadranten gelagert sind. Bis hieher stimmt im Wesen der Sache die Entwicklung mit den Equiseten. Der morphotischen Gliederung der Farrenpflanze entsprechend gliedern sich die Quadranten von jetzt abweichend von den Equiseten. Als sexuelle Nebenwirkung muß die Anregung angesehen werden, welche das Prothallium erfährt, um geraume Zeit und auf ein beträchtliches Volum derart mit der Keimanlage zu wachsen, daß diese

bis zur Differenzirung der Primäraxe, des ersten Blattes und der ersten Wurzel mitwachsen ohne zu zerreißen. Die Quadranten der Keimkugel wachsen nach diesem Schema:

I. Quadrant, Blatt.	II. Quadrant, Stamm.
III. Quadrant, Wurzel.	IV. Quadrant, Fuß (primäre Axe).

Die primäre Axe bleibt mit mehreren Zellen, welche nicht mit dem Prothallium verwachsen, in diesem stecken. Die Wurzel durchbricht dasselbe und wächst in den Boden. Das Blatt erhebt sich. Der Vegetationspunkt wächst mit einer drei- oder zweifseitigen Scheitelzelle und bildet rasch mehrere Blätter. Das Pflänzchen ist indeß zart und braucht mehrere oder viele Vegetationsperioden, um zu erstarken und zur Sporenbildung schreiten zu können. Mit der Streckung der Organe entwickeln sich die Gefäßstränge, welche im Beginn in sympodialer Weise gegenseitig von Blatt zu Blatt Anschluß erlangen. Das Prothallium geht mit der selbständigen Entfaltung der Keimpflanze allmähig ein¹⁾.

B. Morphologie der Blätterpflanze.

Die Hauptzüge in der Gestalt der Farrenstämme liegen, wenn von der Gliederung im einzelligen Vegetationspunkt ausgegangen wird, in der cyclischen Stellung der Wedel, in der Bewurzelung und dem Fehlen der Axillarsprosse.

Von der Scheitelzelle, z. B. Fig. 161 I, ab gerechnet, können die Zellgruppen, welche zu einem Segment gehören, in der Nähe des Scheitels leicht erkannt werden. Später aber ist durch nachträgliche Theilungen diese Anordnung verwischt. Das Blatt entsteht in merklicher Entfernung von dem Scheitel und ist mit seinen Initialen stets durch zahlreiche Zellengenerationen von diesem getrennt. Es wächst aber selbst mit einer Scheitelzelle, Fig. 161 II. Wir erhalten die Succession in continuirlichem Zusammenhang, wenn wir mit *S* den Stammscheitel, mit *W* den Wedel, mit *R* die Wurzel, mit *P* die Spreuschuppen *a b*, Fig. 161, bezeichnen, wie dieses Schema:

¹⁾ Von diesem Entwicklungsgang abweichend ist bei einigen Farrenkräutern aus dem Prothallium die Entstehung beblätterter Stämmchen bekannt, welche durch vegetative Sprossung aus der Unterseite entstehen, ohne daß der geschlechtliche Act zu Stande kommt. Wir erhalten hier, von der Spore ausgehend: Spore, Prothallium, beblätterte Pflanze durch Vegetations-Zellen in der Nähe des Scheitels des Prothalliums (f. DE BARY, Ueber apogame Farrenkräuter, f. oben S. 288). Derf. Vortrag im Bericht der Naturforscherversammlung vom Jahr 1877 in München.

R aus der Wedelbafis. W_2 .

$P.$ $P.$

$P.$ $S.$ $W.$ R aus der Wedelbafis.

$P.$ $P.$

W_3 . R aus der Wedelbafis.

$P.$ $P.$

Die Wedel ftehen in akropetaler und cyclifcher Folge. Die Wurzeln entfthen als adventive Sproffe an der Wedelbafis. Die Spreufchuppen find flache zungenförmige oder fchmal lineale bis breit herzförmige Blättchen, welche aus einer einfachen Zellenlage beftehen.

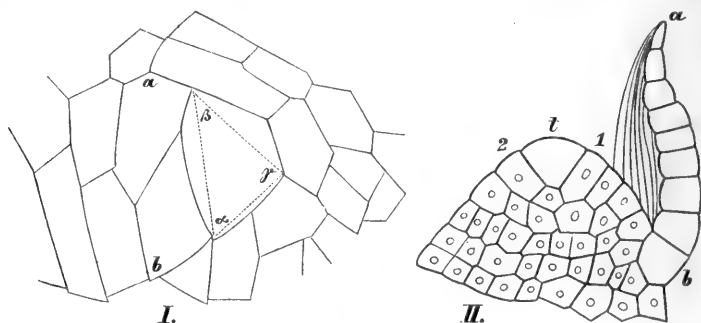


FIG. 161. I Scheitelzellgruppe nach einem Photogramm von *Aspidium filix mas.* α β γ die Scheitelzelle, a b der Zellcomplex, welcher dem jüngsten Segment entspricht. II junge Blattanlage desselben Farren. t Scheitelzelle, 1 2 Segmente, a b Spreufchuppe.

Der Stammfcheitel der Farren verzweigt fch nur bei einigen Arten, fo z. B. bei *Pteris aquilina*, wo die Wuchsform für das perennirende Rhizom durch diefes Schema ausgedrückt wird:

← Zweifchneidige } an jedem Aft des dichotomen } Wedel des Jahres n .
 Scheitelzelle } horizontalen Rhizoms } Wedel d. Jahr. $n-1$ u. f. f.
 mit nach $\frac{1}{2}$ geftellten Wedelanlagen.

Adventive Sproffe entfthen ebenfo wie die gefetzmäßig fch bildenden Wurzeln aus der fleifchigen Wedelbafis. Ueberhaupt ift der Spielraum der vegetativen Verjüngung aus dem Wedel ein außerordentlich großer. Der Habitus der Farrenpflanzen wird durch dieß Verhalten des Stammes bedingt. Außer den unterirdifchen, nach $\frac{1}{2}$ beblätterten Rhizomen (z. B. *Pteris*, *Polypodium*) und den aufrechten oder kriechenden, cyclifch beblätterten (*Aspidium* z. B.) gibt es Ausläufer treibende und felbft windende Formen (*Lygodium*). Die höchfte Erhebung liegt aber in den baumartigen Farren der Tropen.

C. Verhältniss von Stamm und Wedel.

Wenn die blattartigen Spreufchuppen als Blätter angefehen werden, fo erfcheinen die Wedel als axillare Sproßgebilde oder als Axen zweiten

Ranges von dem Charakter der Stämme. Diese Ansicht entwickelt HOFMEISTER (vergl. Unterf. a. a. O. S. 87). Wir sehen die Wedel als Blattgebilde an, die Spreuschuppen nehmen alsdann den morphotischen Werth der Oberflächengebilde (Haare) ein.

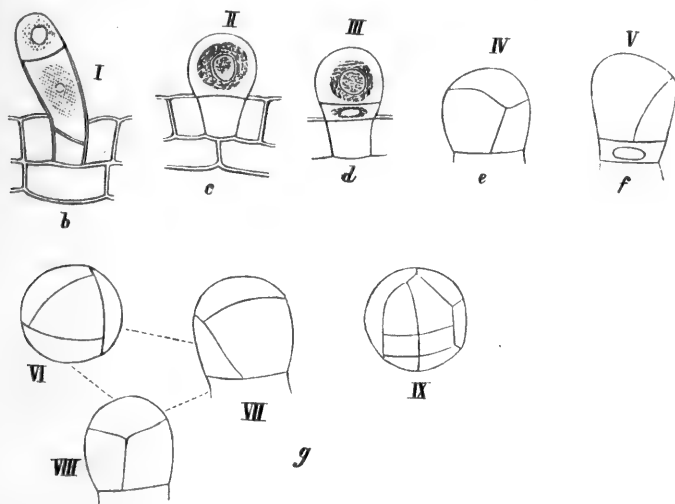


FIG. 162. Entwicklungsgeichte der Farrensporangien aus Oberflächenzellen. I eine Oberflächenzelle, welche zum Haar auswächst. II—V Seitenansichten junger Sporangien. In III hat sich ein solches in zwei Zellen getheilt, die obere wird zum Sporogonium, die untere zum Träger deselben. In IV und V hat sich die Zelle getheilt. VI Durchschnittsansicht, es sind drei Wandzellen und eine centrale Zelle kenntlich. VII, VIII Wandansichten bei verschiedener Lage des Sporangium. IX erster Theilungszustand in der centralen Zelle. (Nach REES, PRINGS. Jahrb. V.)

Der Wedel wächst im Allgemeinen in akropetaler Folge. Der Scheitel gabelt sich wechselnd nach links und rechts. Es entstehen die Fieder erster, an dieser in gleichem Sinne die Fieder zweiter, dritter u. f. f. Ordnung. Die Fieder der letzten Ordnungen sind bei vielen Formen nach abwärts von ihrer Mediane stärker entwickelt, als nach der oberen Seite.

Alle Fieder sind in der Knospenlage im Spiral nach der Oberseite involutiv eingerollt. Die Wedelfolge ist eine periodische, die Mehrzahl der Farren ist der climatischen Periode angepaßt.

D. Auftreten der Sporangien.

Die Sporangien entstehen an dem Wedel erst nachdem der Stamm durch mehrere Vegetationsperioden einen vegetativen Wedel gebildet hat. Ihr Auftreten ist also an eine Erstarkungsphase gebunden. Die niedere Stufe der Entwicklung ist durch diejenigen Polypodiaceenformen repräsentirt, bei welchen das sporangienbildende Blatt gestaltlich gleich ist dem sterilen. In der morphotischen Erhebung unterscheidet sich zunächst das erstere von

dem letzteren durch die geringer entwickelten Fiedern. Die sporangientragenden Wedel nehmen einen oberen Blattkreis in der laufenden Periode ein, sie entstehen später als die rein vegetativen. Die Sporangienanlage läßt sich bei den niedriger differenzierten auf eine Oberflächenzelle des Wedelfiederblattes zurückführen, bei den höheren aber ist das Fiederblatt in Sporangien umgebildet.

Das Sporangium entspringt als ein Haargebilde aus der Epidermis des Blattes, Fig. 162 II, mit cylindrischen Paraphysen I. Es theilt sich zunächst durch eine Querwand in die Basalzelle III und in die halbkuglige Initialzelle für den Sporenraum. Nach einander treten von nun an drei Zellen auf, welche eine tetraëdrische Centralzelle einschließen (man vergl. IV, V mit VI, VII und VIII). Ein zweiter diesem ähnlicher Cyclus von Theilungen führt zur Bildung der zweischichtigen Wand¹⁾. Die centrale Zelle theilt sich ebenfalls in wenige Urmutterzellen, aus welchen durch Theilung 8—12 Sporen entstehen. Die Gestalt der Spore ist meistens ein Tetraëder. Mit der Sporenreife geht die Ausbildung des Ringes parallel. Der Ring ist eine mechanische Vorrichtung, durch welche endlich zur Zeit der Reife das Sporangium zerrissen wird. Es entsteht aus einer Zellenreihe, welche im Meridian des sphärischen Sporangium in der äußeren Wandschicht sich differenziert als ein Band, welches an der einen Seite bis an die Basalzelle, Fig. 162, anschließt, andererseits aber nicht ganz bis zum selben Punkt sich ausdehnt. Die Zellen sind nach den drei Innenseiten stark, nach der Außenseite schwach verdickt. Zur Zeit der Reife besitzt der Ring eine Spannung, welche bestrebt ist, die Krümmung über die Kugelfläche auszugleichen, den Ring in ein gerades Band zu strecken. Das Sporangium zerreißt endlich von der einen Stelle, wo der Ring endigt, auf. Dieser streckt sich gerade, bleibt andererseits mit dem Träger des Sporangium, welcher sich aus der Basalzelle entwickelt hat, verwachsen.

Der Ring hat noch diese charakteristische Lage: er liegt statt im Meridian (so nennen wir die Linie, welche von der Einfügung des Sporangiums nach dem oberen Pol gezogen gedacht ist) im Aequator des sphärischen Körpers (z. B. Ceratopteris, Trichomanes) oder liegt an dem oberen Pol als eine Querbinde: Schizæa. Bei Osmunda befindet sich am oberen Pol eine wenig regelmäßige Gruppe von stark verdickten Zellen.

E. Anatomie des Stammes.

Die niedere Stufe des Gefäßbündelverlaufes findet sich bei Pteris, wo die Stränge in dem unterirdischen Rhizom parallelläufig sind, mit dichotomen

¹⁾ Eingehenderes Studium der Entwicklung, f. REES. PRINGSH. Jahrb. V.

Endigungen, von welchen die Seitenzweige in den Wedel eintreten. In Bezug auf den Verlauf liegt hier der Anschluß an die Lycopodiaceen und Isoëtes. Die complicirter gebauten Farrenstämme zeigen die Gefäßbündel in Maschen geordnet, ähnlich wie die Fig. 154, S. 272, für den Cacteenstamm es zeigt. In den rhombischen Maschen liegt die Infertionsfläche für das Blatt. Von dem Rande der Maschen treten aus dem Stamme mehrere ifolirt im Wedelstiel verlaufende Stränge aus, welche sich in die Fieder des Wedels vertheilen und sich dort blind in dichotomen Aesten verzweigen. Durch die spitzwinklig oder fast parallel laufenden letzten Aeste, welche nur wenig anaftomofiren, ist die Nervatur des Farrenwedels charakteristisch.

Der Gefäßstrang der Farrenkräuter ist ringsum eingebettet in das schwammige Grundgewebe. Im Querschnitt ist er durch eine im Alter braun oder roth gefärbte Strangscheide eingeschlossen, welche aus sclerenchymatischen oder parallelspitzaferigen, stark verdickten Zellen besteht. Diese Scheiden erstrecken sich oft bis auf einen weiten Umkreis um das Bündel. Die übrigen Elemente gehören dem Trachealsystem und den Leitzellen an, das erstere besteht vorzugsweise aus treppenförmig verdickten Tracheen. Leitbündel, Tracheen und Strangscheide bilden zusammen die leicht zu ifolirenden, bis 1—2 mm dicken Holzstrahlen, welche dem Farrenstamm so eigenthümlich sind. Der Baft scheint den Farrenkräutern zu fehlen. Ebenso scheint der Kork nicht oder nur in geringer Menge selbst bei den baumartigen aufzutreten.

Die ersten Secretionsbehälter treten in den Intercellularräumen von *Aspidium filix mas* in Form von sphärischen Zellen auf, welche sich von den Grenzzellen abgliedern und ein harzartiges Secret liefern. Auffälligere Secretionsbehälter, indeß ohne die charakteristische Stellung, werden als lange Canäle, deren Axe parallel der Stamm- und Wurzelaxe steht, ausgebildet in der Farrenfamilie der Marattiaceen. (Gutes Studienobject ist *Angiopteris pruinosa*.)

Die Entwicklungsgegeschichte des Gefäßbündelkreises der Wurzel ist abweichend von derjenigen der Stämme. Wir wählen als Beispiel die Wurzel von *Angiopteris* als dem bequemsten Studienobject.

Die Entwicklung der Gefäßbündel hat entschieden Anschluß an diejenige der Dicotyledonen. Nahe unter dem Vegetationspunkt findet man im Querschnitt die primäre Rinde und in centrischer Lage 8—10 Strahlen von Gefäßen, beziehentlich Tracheen, mit diesen wechseln die Leitzellen ab. Die Verdickung der Tracheen schreitet von der peripheren Strangscheide, welche von den Strahlen in gleichem Winkel berührt wird, nach dem Mittelpunkt fort. In der tieferen Region findet man die Verdickung aller in dem Strahl liegenden Elemente beendet. Damit ist das Dickenwachsthum der Wurzel überhaupt abgeschlossen.

F. Systematische Uebersicht der Farrenkräuter. Hauptformen¹⁾.

In der gestaltlichen Erhebung der vegetativen Organe der Farrenkräuter lassen sich zwei Stufen der Entwicklung wahrnehmen:

I. Ophioglossen. Hier tritt ein perennirendes Rhizom mit scheidenförmigen Niederblättern auf, an welchem die Seitenzweige erst die Sporangien tragenden Blätter bilden. Die Sporangien stehen an dem inneren gefiederten Blatte und entsprossen dem Mittelgewebe desselben. Sie besitzen keinen Ring.

Für die Ophioglosseae erhalten wir dieses Schema für die Auszweigung:

II. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

I. Aufrecht stehendes Rhizom mit perennirender Knospe.

II. Horizontale Zweigausläufer an diesem.

III. { Der sterile Wedel.
{ Der Sporangien tragende Wedel oder Zweig. ↔

Sporangium, Spore, unterirdisches, fleischiges, chlorophyllloses Prothallium, Antheridium, Archegonium

primäre Axe.

Die Spore ist dementsprechend ein näherer Verwandter zu dem Gewebe des Blattes.

Die Wedel der Blattprosse sind einfach gefiedert, Botrychium, oder ungetheilt, Ophioglossum.

Die nächst höhere Stufe enthält die eigentlichen Farrenkräuter, bei welchen die Wedel direct an dem Vegetationspunkt des aufrechten Stammes oder kriechenden und unterirdischen Rhizomes entspringen. Wir erhalten

¹⁾ Je nachdem die Generation mehr in den Vordergrund geschoben oder auf die gestaltlichen Züge und Sproßfolge mehr Gewicht gelegt ist, sind die Farrenkräuter enger oder weiter in ihrer systematischen Stellung begrenzt oder mit den anderen Gefäßkryptogamen zusammengestellt worden. J. v. HANSTEIN ordnet sämtliche höhere Kryptogamen in den Verwandtschaftskreis der Filices und bildet drei Untergruppen nach dieser Zusammenstellung.

Farren (Filices).

Caulopterides.

Equisetaceae,

Calamiteae,

Annulariaceae.

Phyllopterides.

Hymenophylleae,

Polypodiaceae,

Cyatheaceae,

Schizaeaceae,

Gleicheniaceae,

Osmundaceae,

Ophioglosseae.

Lepidopterides.

Isoëteae,

Selaginelleae,

Lycopodiaceae,

Lepidodendreae.

Sonderform:

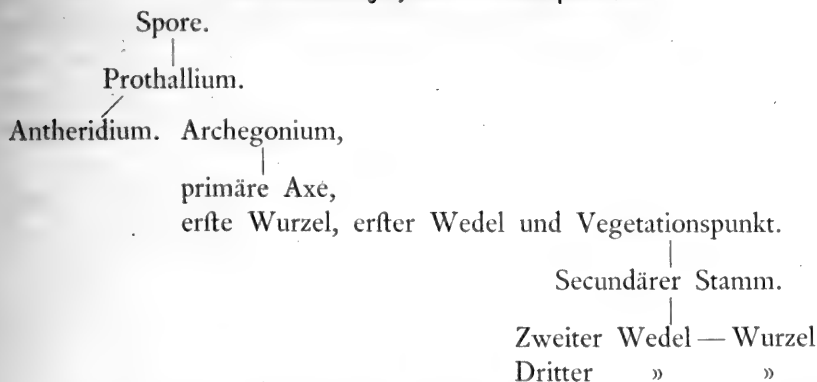
Hydropterideae,

Salvinaceen,

Marfileaceen.

dieses Schema des Stammbaumes mit Berücksichtigung der adventiven Verjüngung:

III. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.



Nach der Erstarkung *unter* Wedel, Sorus, Indusium, Sporangium, Spore, *unter* Wedel — adventiver mit Scheitelzelle wachsender, beblätterter und bewurzelter Stamm bei den viviparen Formen.

unter Wedel, Scheitel

1. Fieder,
2. Fieder,
3. Fieder,
4. Fieder u. f. f., aus dem Mesophyll des Fieders

letzter Ordnung die beblätterte und bewurzelte adventive Pflanze, Fig. 163.

I. Die Familie der Hymenophylleen stellt die niederste Stufe dar. Der Stamm ist schwächig, mit axilem oder peripherem, wenig verzweigtem Gefäßbündel, entspringt aus einem kriechenden unterirdischen Rhizom. Die gefiederten Wedel von der Textur der Moosblätter aus einer einzigen Mesophyllschicht, parenchymatisch. Die Epidermis entbehrt der Spaltöffnungen. Die Sporangienhaufen (Sori) stehen am Scheitel der Fieder in der Ver-

EICHLER stellt dagegen drei Classen auf, in welchen sich die Familien und Ordnungen so vertheilen, daß die Phyllopterides der vorstehenden Zusammenstellung mit den Rhizocarpeen nicht vereinigt erscheinen:

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| I. Classe: Equisetinae. | II. Classe: Lycopodinae. | III. Classe: Filicinae. |
| Einzigste Familie und Gattung. | Lycopodiaceae, | Filices, |
| | Selaginellaceae, | Rhizocarpeen. |
| | Isoëtaceae. | |

In der natürlichen Nebeneinanderstellung nach MAOUT und DESCAISNE finden sich als gleichwerthige Familien:

Filices, L.; Ophioglosseae, R. BROWN; Equisetaceae, DE C.; Marsileaceae, R. BR. u. BRONGNIART; Salviniaceae, BARTL.; Lycopodiaceae (zahlreicher Autoren) und Isoëtaceae, BARTL.

längerung der Nerven an einem cylindrischen Receptaculum, welches in eine becherförmige Hülle, Indusium, eingefenkt ist. Das Sporangium ist kurz gestielt. Der Ring steht im Aequator. Hymenophyllum, einzige Gattung in Deutschland. Trichomanes, das Prothallium erinnert durch seine Verästelung an das Protonema der Moose.

II. Polypodiaceen. Die Sproßfolge geht nach dem dritten Typus, S. 297: Horizontale Rhizome mit dichotomer Verzweigung, Pteris, oder

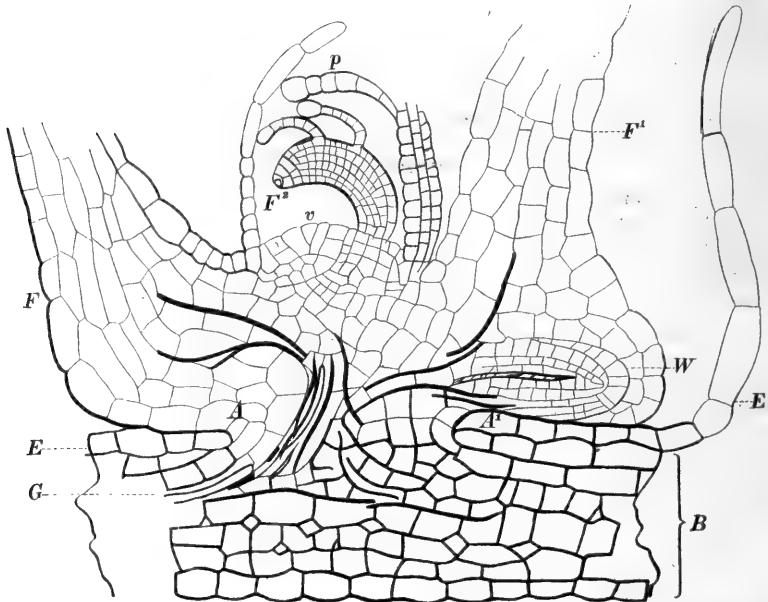


FIG. 163. Durchschnitt durch die adventive Farrenpflanze, welche aus dem fertig differenzierten Farrenwedel *B* entsproßt. Zwischen *A* und *A*¹ verjüngen sich die Zellen des Blattes. *F* *F*¹ *F*² die aufeinanderfolgenden Wedel. *W* die Wurzelanlage an der Basis des Wedels. *v* Vegetationspunkt. *p* keulenförmige Spreuschuppen (Haare). *E* Epidermis.

aufrechte Stöcke ohne Verzweigung mit Ausnahme der dem Wedel an der Basis entsproßenden Adventiväste. Die Wedel einfach, Blechnum, oder mehrfach gefiedert. Die Sporenhäufen (Sori) auf der Unterseite des Wedels. Der Wedel anatomisch reich gegliedert mit mehrschichtigem Mesophyll. Die Epidermis ist mit Spalten, dichotomischen oder netzfaserig anastomosierenden Nerven versehen. Der Ring ist in den Meridian gestellt, schließt einerseits den vollen Umlauf des sphärischen Sporangium nicht ab oder ist am Scheitel desselben unterbrochen. Die Sori stehen am Rande, welcher umgeschlagen ist, Pteris (Pterideae), an der Unterseite am Nerv und nicht am Rande und sind von einem im Mittelpunkt befestigten, am Rande sich öffnenden, kreis- oder nierenförmigen Indusium bedeckt, Aspidium (Aspidieae). Die schmal linealen Sori, von einem einseitig sich öffnenden In-

usium bedeckt, stehen unterseits parallel dem Nerv, Asplenium (Asplenieae). Die Sori sind kreisförmig oder längspaltig, sehr reich an Sporangien, nackt, Polypodium (Polypodieae).

Einheimische Gattungen: Struthiopteris, Pteris, Adiantum, Blechnum, Scolopendrium, Asplenium, Aspidium, Polypodium, Phegopteris, Akrostichum. Struthiopteris und Blechnum bilden zwei deutlich differenzierte Blattregionen, von welchen die obere die sporangientragende ist.

III. Cyatheaceae. Zum Theil baumbewohnende Farren der tropischen Zone, Cyathea, Alsophila. Die Sporangien sind fast sitzend abgeflacht, der Ring ist schief gestellt. Das Indusium umhüllt den Sorus tellerartig.

IV. Gleicheniaceae. Die kugligen Sporangien stehen einzeln oder in begrenzter Zahl an der Wedelfläche, der Ring steht quer. Sämmtlich Tropenbewohner, Gleichenia, Mertensia, Platysma.

V. Schizaeaceae. Der Ring ist auf eine verdickte Zellen- gruppe im Pol des kugligen Sporangium beschränkt, welche deckelartig abbricht, das Sporangium zur Spaltkapfel macht: Schizaea, Aneimia, Lygodium, die letztere durch windende Blätter auffällig.

VI. Osmundeeae. In dieser Familie ist der allmälige Uebergang der vegetativen Wedel in sporangientragende Wedel bemerkenswerth. Auch werden oft einzelne Fiedern halbseitig oder nur wenig in Sporangien umgewandelt, während der übrige Theil der Fieder blattartig entwickelt wird. Die kugligen Sporangien besitzen an Stelle des Ringes nur auf einer Seite eine Gruppe elastischer Zellen. Sie springen an der entgegengesetzten Seite mit einem Spalt auf, Osmunda regalis.

VII. Marattiaceae. Baumartig mit mächtigen gefiederten Wedeln. Die Sporangien sind durch gegenseitigen Druck abgeplattet, verwachsen, öffnen sich mit Poren und Spalten als vielkammerige Kapfeln und entbehren des Ringes. Tropische Gattungen: Marattia, Angiopteris, Danaea, Kaulfusia.

§ 22. Isospore Gefäßpflanzen. III. Lycopodiaceen.

A. Morphologie und anatomischer Bau.

Dieser Verwandtschaftskreis enthält nach den Systematikern drei Gattungen: Lycopodium, Psilotum, Tmesipteris mit gleichgestalteten Sporen, und Selaginella, welche zu den Heterosporen gehört. In der allgemeinen Wuchsform besteht ein Anschluß an die Coniferen. Selaginella besitzt in der Keimungsgeschichte Anschluß an die Abietineen. Wir behandeln die Keimungsgeschichte der Selaginella weiter unten im Vergleich mit derjenigen

der Kiefer, um den genetischen Anschluß der Gefäßkryptogamen an die Gymnospermae zu veranschaulichen.

Die Wurzel sowohl wie der Stamm der Lycopodien wachsen mit einer einzigen verkehrt pyramidalen Scheitelzelle, welche bei dem Stamm nach drei Richtungen Segmente abscheidet. Für die Wurzel kommt die Segmentzelle nach außen noch hinzu als Initiale für die Wurzelhaube. Das Charakteristische der Wurzelverzweigung liegt in der Dichotomie. Die beiden Gabeläste besitzen, noch ehe die Gabelung äußerlich merklich ist, bereits ihre eigenen Scheitelzellen und Anlagen für die Wurzelhaube. Diese sind von der Haube der ursprünglich unverzweigten Wurzel eingeschlossen.

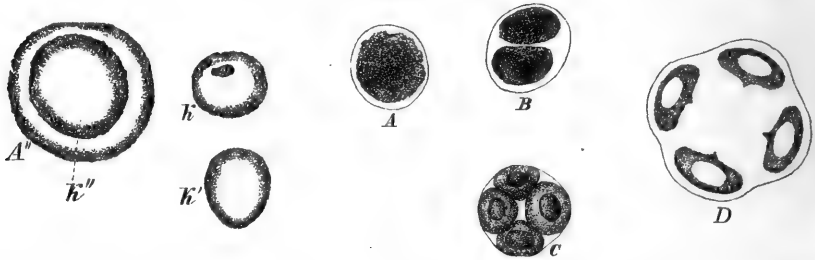


FIG. 164. *Psilotum triquetrum*. Lycopodiaceen. Zelltheilung der Sporenmutterzellen. *A A''* verschiedene Anfangszustände. *K K'* isolirte Zellkerne. *K''* Zellkern in der Zelle eingeschlossen. In *A B* liegen die Zellen in Glycerin, bei *A''* liegt die Zelle in Wasser. *D* dieselbe Zelle wie *C*, aber im Wasser.

Die Blätter entstehen an dem Knospenkegel in einiger Entfernung von dem Scheitel dicht gedrängt in cyclischer Folge. Die primären, aus wenigen Spiralgefäßen und dem zugehörigen Bündel von Leitzellen bestehenden Gefäßbündel verlaufen geradlinig in mehreren Strängen bis in die Nähe des Vegetationspunktes. Die Gefäßbündel der Blätter legen sich sympodial aneinander und convergiren wenige Millimeter tiefer nach dem stammeigenen Gefäßbündel des Stammes. Der Querschnitt des Stammes zeigt eine periphere mehrschichtige Lage von verdickten Strangzellen. Hierauf folgt die parenchymatische stranglose chlorophyllführende Rinde, welche eine mächtige Strangscheide umgibt. Innerhalb dieser sind mehrere axile tracheale Bündel in Reihen geordnet und eine Gruppe von zu diesen gehörigen Leitzellen. In dem Trachealsystem des Stammes herrschen die leiter- oder treppenförmig verdickten Elemente, ebenso in der Wurzel, deren Trachealstrang und Strangscheide mit denjenigen des Stammes zusammen-schließen. Im Trachealsystem des Blattes dagegen herrscht die Spiraltracheide vor.

Das Blatt der Lycopodien ist schmal lineal, schuppenförmig, mit längerer oder kürzerer Granne und Zähnen längs des Randes, welche beide aus dem Hautgewebe entspringen. Die mehrere Zelllagen dicke chlorophyllführende Mesophyllschicht umgibt ein schwaches Gefäßbündel, welches im Centrum

des elliptischen Blattquerschnittes liegt. Durchaus stammeigene Gefäßbündel besitzt *Psilotum*.

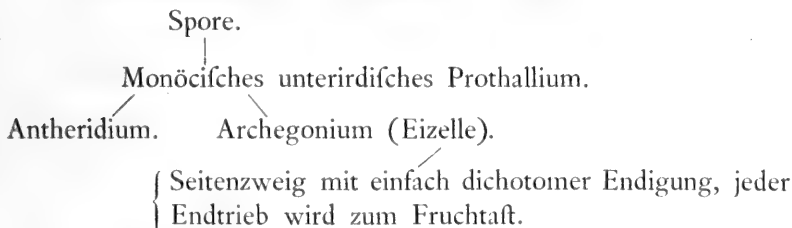
B. Keimung.

Die Keimungs-geschichte ist von der Mehrzahl der Lycopodien nicht bekannt. Nur ein einziges Mal wurden die fleischigen, unterirdischen, monöcischen Prothallien für *Lycopodium* gefunden, mit eingesenkten Antheridien. Die Keimungs-geschichte ist auch hier nicht abgeschlossen. Von *Psilotum* und *Tmesipteris* ist die Keimung bis jetzt nicht beobachtet.

Als niedrigere Stufe der Gliederung fehlen wir Psilotum an: dichotomer, mit einer Scheitelzelle wachsender unterirdischer Stamm, beblätterte, dreikantige, dichotomisch ästige, nach $\frac{1}{3}$ beblätterte Fruchtzweige. Die Sporangien sind dreifächerig, in der Achsel rudimentärer Blätter, deren Gefäßrudimente nicht an das Gefäßsystem anschließen. Die Kapfel besteht aus einer mehrere Zellenlagen dicken Wandschicht und zahlreichen Urmutterzellen der Sporen. Die Spore ist ein Kugelquadrant.

Als obere Formstufe sehen wir *Lycopodium* an:

IV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (*Lycopodium*).



I. Scheitelzelle cyclisch und dicht beblätterter, perennirender, horizontaler, immergrüner Stamm.

II. Scheitelzelle Dichotomie.

{ Dichotomisch an dem Scheitel
 { verzweigte Wurzel.

Die Kapfel von *Lycopodium* steht in der Blattachsel der Fruchstäbe in großer Anzahl, sie ist einfächerig. Die Spore ist ein Tetraeder mit leistenförmig verdicktem Exosporium.

§ 23. Heterospore Gefäßpflanzen. I. Isoëteen.

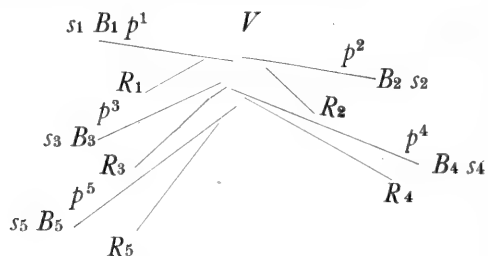
A. Morphologie und Anatomie.

Diese aus einer einzigen Gattung bestehende Familie steht ganz isoliert, soweit es sich um die äußere Gliederung und Textur der Gewebe handelt. Nur durch die Keimungsgeschichte gewinnt sie Anschluß an die Rhizo-

carpeen. Die perennirenden, wasserbewohnenden¹⁾, unverzweigten Rhizome sind knollenförmig verdickt mit breit scheidenförmigen Schilfblättern, welche cyclisch nach $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ oder höheren Divergenzwerten stehen. Die Knollen sind zweifurchig bei den nach $\frac{1}{2}$ beblätterten, dreifurchig bei den nach $\frac{1}{3}$ beblätterten. Möge V der Vegetationskegel des Stammes sein, welcher mit einer einzigen, verkehrt pyramidalen Scheitelzelle wächst, $B_1 B_2 B_3$ u. f. f. die Blätter, $r_1 r_2 r_3$ die Wurzeln, so erhalten wir für die zweifurchigen Isoëtesstämme diese Anordnung im Querschnitt:

$$s_3 B_3 p_3. \quad s_1 B_1 p_1. \quad V \quad s_2 B_2 p_2. \quad p_4 B_1 s_4.$$

Das Blatt (der Wedel nach HOFMEISTER) entsteht als eine wenigzellige Warze und wächst im Beginne mit einer Scheitelzelle, schon in diesem Zustande entsteht an jedem Blatte eine ursprünglich einzellige, später aus zahlreichen Zellen in 2–3 Lagen bestehende Spreuschuppe $p^1 p^2 \dots$, welche auf der Oberseite in der Nähe der Blattbasis als kleines Blättchen steht; zu jedem Blatte gehört eine Scheide $s^1 s^2 \dots$, dieß ist eine Blattwucherung, deren Mediane auf dem Rücken des Blattes liegt, mit ihren beiderseitigen Flügeln das Blatt nach der Oberseite umfaßt. Bezeichnen wir ferner mit den Linien die Gefäßbündel, welche in dem knollenförmigen Stamme als einfache, nicht umhüllte Stränge, mit wenigen treppenförmig verdickten Tracheiden und geringem Cambialstreifen nach den Blättern und Wurzeln verlaufen und denken uns den Längsdurchschnitt durch den zweifurchigen Stamm gelegt, so divergiren vom Mittelpunkt desselben, wo die Gefäßstränge mäandrisch verschlungen sind, die einzelnen Strahlen nach den Blättern und Wurzeln im Sinne dieses Schemas:



Das Blatt enthält nur einen centralen Gefäßstrang. Im Querschnitt des knolligen Stammes divergiren, dem Schema entsprechend, die Gefäßbündel nach zwei entgegengesetzten Richtungen bei den nach $\frac{1}{2}$ beblätterten, bei den nach $\frac{1}{3}$ beblätterten nach drei Richtungen. Beachtenswerth ist, daß die Scheitelzelle der ersteren zweischneidig ist (vgl. Fig. 112, S. 208), dreieitig bei den letzteren (vgl. Fig. 111 B, S. 207).

¹⁾ Die Isoëtesarten kommen in einigen holsteinschen Seen und in den Gebirgsseen am Feldberg im Schwarzwald vor.

Die Wurzeln wachsen dichotomisch mit einer sich gabelnden Scheitelzelle.

B. Generation.

Das sporenerzeugende Gewebe liegt bei *Isoëtes* in der Basis des Blattes. Der Anlage nach sind die Makro- und Mikrosporangien vollständig gleich. In der weiteren Entwicklung aber bilden sich die Makrosporangien in den peripheren, also älteren Wedeln, die Mikrosporangien in den jüngeren, dem Scheitel näher stehenden, aus.

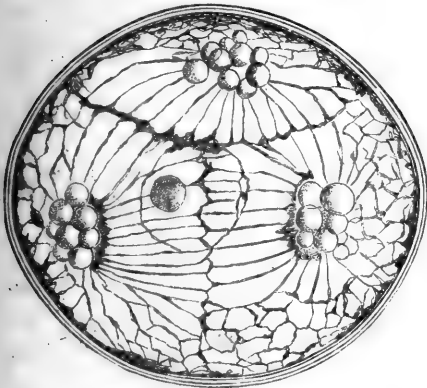


FIG. 165. *Isoëtes Duriëni*. Mutterzelle der Makrospore, nach vollendeter Theilung kurz vor Auflösung des primären Kerns.

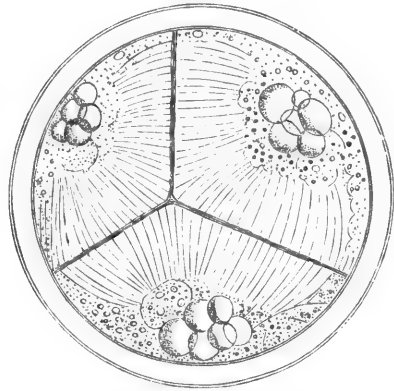


FIG. 166. *Isoëtes Duriëni*. Mutterzelle der Makrosporen nach vollendeter Theilung.

Denkt man sich den fertilen Wedel an der Basis abgeschnitten und von der Innenseite betrachtet, so liegt das Sporangium an der Basis des Blattes, öffnet sich nach der Innen-(Ober-)seite desselben. Ueber ihm ist die Spreuschuppe *p*, f. S. 302, eingefügt. Das Gewebe der Blattbasis differenzirt sich in mehrere Gruppen von Urmutterzellen, welche durch Platten von Dauerzellen getrennt sind. Die sporenerzeugenden Zellen liegen so gegenseitig getrennt in der Anzahl von 4—6 nebeneinander.

Die Makrosporen entstehen durch Theilung, nachdem vier secundäre Kerne gebildet sind, welche sich wie die Ecken eines Tetraëders lagern, Fig. 165. Der primäre Kern bleibt noch eine Zeit lang erhalten. Die fertig gebildete Makrospore ist ein Tetraëder von Hirsenkerngröße mit drei vorspringenden Leisten. Die Anzahl der Makrosporen ist eine begrenzte. Die Mikrosporen sind in größerer Anzahl (mehrere Tausend) in einem Sporangium, sie entstehen durch Theilung im Sinne der Psilotumzellen, f. Fig. 164, und stellen im reifen Zustande Kugelquadranten dar, Fig. 164 D. Die Keimung der mit gelbem, warzigem Exosporium und zartem, hyalinem Endosporium versehenen Makrospore erfolgt mehrere Wochen nach der

Ausfaat. Nach der eingehenden Entwicklungsgeichte, welche HOFMEISTER verfolgt hat, entstehen die ersten Zellen des Prothallium isolirt im Sporenraum, dem Endosporium anliegend, durch freie Zellbildung. Nach etwa 3—4 Wochen ist der ganze Sporenraum mit dem Gewebe des Prothallium angefüllt.

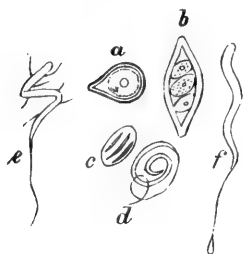


FIG. 167. *Isoetes lacustris*. Entwicklung der Spermatozoiden. (HOFMEISTER, Beitr. 1852.) *a* reife Mikrospore, Scheitelfansicht, *b* dieselbe vier Wochen nach der Ausfaat, *c* Mutterzelle der Spermatozoiden, *d* Spermatozoiden noch in der Mutterzelle, *e, f* freie Spermatozoiden durch Jod getödtet.

Das Exosporium wird in dem innern Schnittpunkt der drei Tetraederwände, da wo alle vier Sporen sich ursprünglich berührten, Fig. 166, durchbrochen. Indeß wächst das Prothallium nicht merklich über die Rißstelle hinaus (Unterschied von *Salvinia*, *Pilularia* und *Marsilea*). An der Rißstelle entwickelt sich ein Archegonium nach dem bekannten Typus aus der Randzelle mit kurzem Halscanal, Fig. 168 (Unterschied im Bau des Halscanals von *Equisetum* und den Farrenkräutern, wo dieser weit über die Prothalliumfläche vorragt).

Die Mikrospore bildet wenige Mutterzellen für Spermatozoiden, Fig. 167. Das Spermatozoid schlüpft mit der Plasmabläse aus. Es ist mehrfach schraubenlinig gewunden, am hinteren Ende etwas verdickt, über den hinteren Theil mit feinen undulirenden Cilien bedeckt.

Außer dem scheidelfständigen Archegonium werden noch mehrere seitliche angelegt, in der Regel aber nicht befruchtet. Nach der Befruchtung

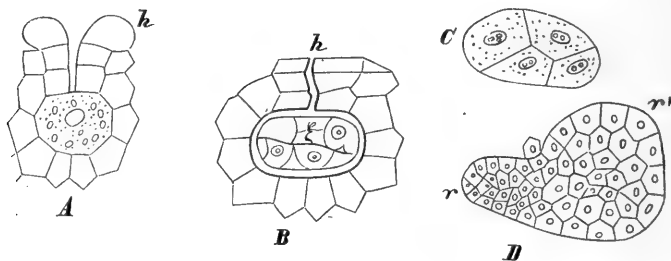


FIG. 168. *Isoetes lacustris*. *A* geschlechtsreifes Archegonium, *b* Halscanal. *B* befruchtetes Archegonium mit einer zweizelligen Embryonanlage *E*. *C* vierzellige, *D* noch weiter entwickelte Keimpflanze.

entwickelt die Centralzelle, Fig. 168 *A*, die zuerst zweizellige, Fig. 168 *B*, später vierzellige Keimanlage, Fig. 168 *C*. Jedenfalls läßt sich von diesem Zustande die Entwicklung der ersten Organe so herleiten, daß jedes der Organe auf eine der Quadrantenzelle, Fig. 168 *C*, zurückgeführt wird. Die Keimanlage wächst auf Unkosten des Prothalliumgewebes und durchläuft die Formenreihe, Fig. 168 *B C D*, Fig. 160 III IV V, S. 286, *A* bedeutet die primäre Axe, welche mit dem Prothallium verwachsen bleibt,

$B B'$ die Blätter, w die Wurzel, s die Spreuschuppe, welche sehr frühzeitig schon an dem ersten Blatt auftritt. Beachten wir die Fig. 169 *II* und denken uns in Fig. 169 durch den Halscanal eine Ebene nach dem Raum der Makrospore gelegt, welche dieselbe genau halbirt, so schneidet diese die Keimanlage *II*, Fig. 169, symmetrisch in A in der Mediane der Primäraxe und wir erhalten dieses Schema:

Scheitel des Prothallium.

$B_2 s_2 V s_1 B_1$

W_1

Primäraxe im Prothallium.

Von nun ab gewinnt die Entwicklung Anschluß an das Schema, f. oben S. 302. Kurz nach diesem Zeitpunkt durchbrechen die Organe: erstes Blatt und erste Wurzel, das Prothallium.

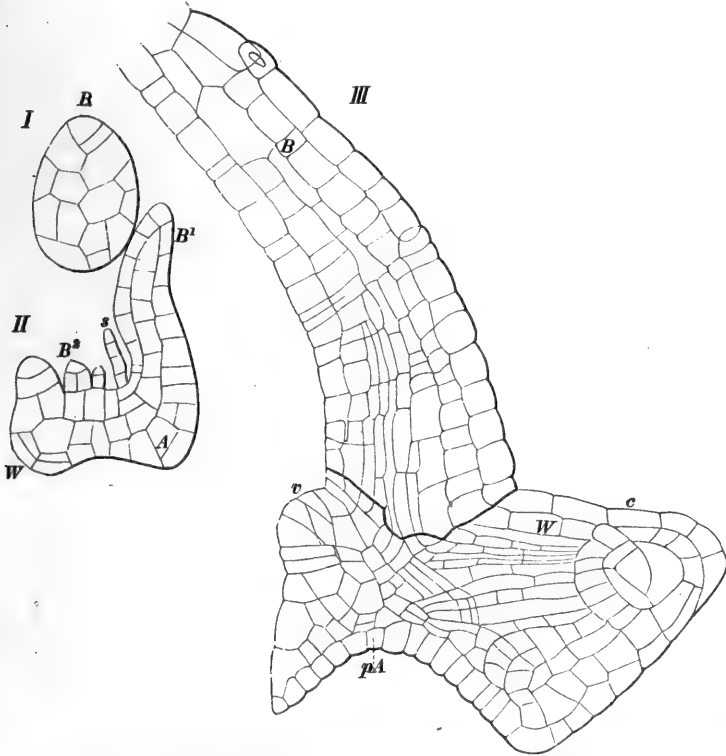


FIG. 169. *I II Isoëtes lacustris* (nach HOFMEISTER). *I* jüngere, *II* ältere Keimpflanze, $B B'$ Blatt, A Axe, W Wurzel, s Spreule. *III* *Marsilea*, Keimpflanze (nach HANSTEIN). c Wurzelhaube, v Vegetationspunkt des Stammes, pA primäre Axe (der Fuß), mit welcher die Keimpflanze in dem Prothallium fest sitzt, B das erste Blatt.

Die Keimung von *Isoëtes* hat Anschluß an *Pilularia* und *Marsilea*, Fig 169 *III* stellt eine späte Keimphase der letzteren Pflanze dar. Hier

konnte von HANSTEIN mit Bestimmtheit von den vier Quadrantenzellen nach dem Zustande Fig. 169 III die Segmentirung in den beziehentlichen Organscheitelzellen und die weitere Theilung auf dieses Schema durch die Entwicklungsgegeschichte gebracht werden:

Erstes Blatt, <i>B</i> Fig. 169 III.	Erste Wurzel (Fuß), <i>W c</i> Fig. 169 III.
Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze, Secundäraxe, <i>V</i> Fig. 169 III.	Primäre Axe (Fuß), <i>p A</i> Fig. 169 III.

Sowohl im Habitus wie in der Wuchsform und in der Zusammenstellung der Organe haben die Isoëten keinen hervorragenden Anschluß an die oben genannten Verwandten. Ueber die Stellung, welche denselben von den Systematikern angewiesen wird, ist die Zusammenstellung S. 296 nachzusehen. In dem mitteleuropäischen Gebiete kommen nur wenige Arten vor. Die Isoëten sind indeß über die ganze Erde, immerhin an isolirten Standorten, verbreitet.

V. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Isoëtes).

Die Mikrospore theilt sich nur in drei bis vier Mutterzellen der Sper- matozoiden.	Die Makrospore bildet ein den Sporenraum we- nig überragendes farb- loses Prothallium. Das apicale Archegonium wird befruchtet.
---	--

Die befruchtete Centralzelle theilt sich in Quadranten. Die weitere Segmentirung und Zurückführung der Organe kann in diesem Sinne angenommen werden, Hypothese:

Erstes Blatt.	Primäraxe mit dem Prothallium.
Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze.	Erste Wurzel.

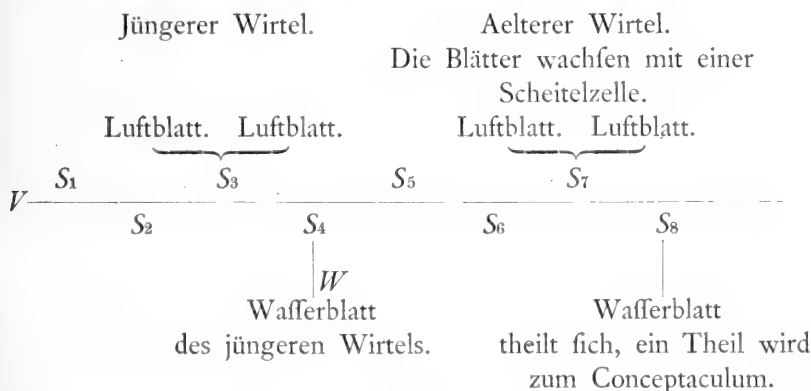
Der Vegetationspunkt bringt von nun ab cyclisch geordnete Blätter B_1 , B_2 u. f. f. und in der Blattbasis endogene zugehörige Wurzeln R_1 , R_2 hervor. Die Makro- und Mikrosporangien entstehen endogen im Gewebe des Blattes.

§ 24. Heterospore Gefäßpflanzen. II. Untere Stufe der Rhizocarpeen: Salviniaceae, *Salvinia* (*Azolla*).

A. Morphologie der *Salvinia*.

Die *Salvinia natans* ist eine durchaus schwimmende, wurzellose Pflanze, welche nach der Ausbildung der Spore abtirt. Der Stamm liegt flach auf der Wasseroberfläche, von ihm entspringt ein Wirtel von zwei ebenfalls flach dem Wasser aufliegenden, grünen, ungetheilt elliptischen Luftblättern und in's Wasser herabhängenden, wurzelähnlichen, behaarten Wasserblättern. Der Vegetationspunkt ist ein schlanker Kegel mit zweischneidiger Scheitelzelle (Fig. 113 III, oben S. 208). Von dem Vegetationspunkt *V* aus gerechnet liegen die Segmente in zwei Reihen. Sie theilen sich zunächst durch radial und parallel der Axe geordnete Zellenwände, sodann durch Querwände. In einiger Entfernung von dem Scheitel entstehen die Blätter. Die zwei Luftblätter und das eine getheilte Wasserblatt bilden einen Wirtelknoten. In den fructificirenden Wirteln entstehen die Conceptacula der Sporangien aus umgebildeten Zipfeln, Theilblättchen des Wasserblattes.

VI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (A. *Salvinia*).



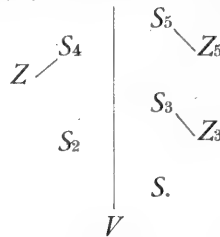
In diesem Schema bedeuten *V* die Scheitelzelle des horizontal schwimmenden Stammes, *S* die Segmente, *S*₁ das jüngere, *S*₂ das ältere, *W* das Wasserblatt.

Aus der Anordnung folgt, daß jede Querscheibe, welche senkrecht zur Axe durch den Stamm gelegt gedacht wird, aus zwei ungleich alten Theilen besteht, da die in zwei Zeilen stehenden Segmente ungleichaltrig in Zickzacklinien gegenseitig eingefügt sind. Jeder Wirtelknoten wird von einer Scheibe des Vegetationskegels gebildet, welche ihrer Höhe nach einem halben Segment entspricht. Das Internodium aber entspricht der Distanz eines vollen Segmentes. Durch die nachträglichen Theilungen gleicht sich

der Niveauunterschied für die Blätter eines Wirtels aus (vergl. oben S. 282 das Wachstum am Vegetationspunkt von Equisetum).

Die in dreigliedrigen Wirteln, ursprünglich aber in der ersten Anlage nach $\frac{1}{3}$ stehenden Blätter folgen aufeinander genau nach der Altersfolge der Urzellen, aus welchen sie gebildet wurden. Das Wasserblatt ist das ältere, das diesem nähere Luftblatt ist das jüngste und das entferntere das mittlere. Die Quirle alterniren wenigstens im Anlagezustand.

Die Luft- und Wasserblätter wachsen ebenfalls mit zweifachneidiger Scheitelzelle. Das erstere erreicht während der Segmentirung und der nachträglichen Theilung die Gestalt der Fig. 172 I, II, L_1 , L_2 im nicht entfalteten Zustand. Das Wasserblatt dagegen, aus einer ganz ähnlichen Segmentreihe entstanden, wächst vorzugsweise in die Länge zu einem cylindrischen Zellenkörper, an welchem, in dem Maße wie die Segmente sich gliedern, neue Blattzweige (Z) alternierend gegenständig entsprossen.



Auch die Bildung der cylindrischen Haare der Blätter folgt der Segmentirung. Ihre Anlegung beginnt unterhalb der jüngsten Blattanlage. Salvinia besitzt zweierlei ihrer Dauer und Gestalt nach verschiedene Haargebilde.

B. Generation.

Die aus metamorphen Fiedern des Wurzelblattes entspringenden Conceptakeln der Sporangien sind sphärische Hohlkörper, welche von mehreren vegetativen Blattfiedern umgeben sind. Das männliche oder Mikrosporangien hervorbringende Conceptaculum ist einfächerig, besteht aus einer zwei- oder mehrschichtigen Lage isodiametrischer Zellen, welche den kugligen Hohlraum einschließen. Die Mikrosporangien entspringen einem Säulchen als Oberflächenzellen. Zur Zeit der Reife sind sie mehrzellige, mit einer braunen Außenhaut versehene Kugeln. Das Mikrosporangium keimt, ohne die Mikrosporenzellen zu entlassen (Unterschied von Isoëtes), Fig. 170. Die Außenhaut wird gesprengt. Es treten gegliederte Mikrosporangien-schläuche hervor, Fig. 170, welche sich im Scheitel zu zweizelligen Antheridien theilen, Fig. 170 C. Die Mutterzellen für die Spermatozoiden entstehen zu je vier in einer Antheridienzelle. Das Spermatozoid schlüpft mit der Mutterblase aus. Es wird durch einen Klappenapparat aus den Antheridien entlassen. Es ist spiralgewunden, mit feinen Wimpern versehen.

Die weiblichen Conceptakeln unterscheiden sich dadurch von den männlichen, daß die Hülle, welche aus den metamorphen Fiedern entsteht, mehrfach geschichtet ist. Im Querschnitt ist ein Kranz von 8–12 Inter-cellularräumen, welche durch wenigfichtige Geweblatten von einander

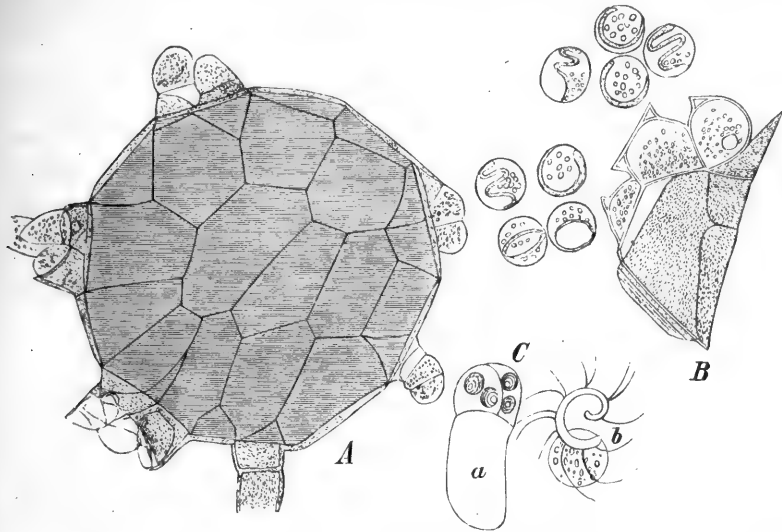


FIG. 170. *A* Mikrosporangium der *Salvinia natans* mit Mikrosporenschläuchen, welche zum Theil schon entleert sind. *B* Mikrosporenschläuche, welche die Spermatozoiden in ihren Mutterzellen entlassen haben. *C* *a* ifolierter Mikrosporenschlauch, *b* freies Spermatozoid. PRINGSH. Jahrb. Bd. 3 (nach PRINGSH. und HOFMEISTER).

getrennt sind, von zwei kreisrunden Wandfichten umgrenzt. Im kugligen Hohlraum sitzen mehrere Sporangien. Die größere Anzahl der Sporen wird von einer dominirenden Makrospore während des Heranwachsens dieser resorbirt. Im Spätfommer reifen die Sporen. Die vegetative Pflanze geht auf dem Wasser bis zum Herbst langsam zu Grunde.

Hervorragende Züge bei der wenige Wochen, nachdem die Ausfaat bei mittlerer Temperatur erfolgt ist, eingeleiteten Keimung sind diese: das Prothallium entsteht im Scheitel der elliptischen Spore, durchbricht das Exosporium als ein grünes, wenige Millimeter großes Lappchen, bildet zahlreiche eingefenkte Archegonien, Fig. 171. Der Halscanal wird vor der Befruchtung abgeworfen. Dieß geschieht durch die Canalzelle *c*, welche sich zwischen die Zellen des Halscanales drängt. Der Inhalt der Spitze der Centralzelle, welche von der Canalzelle ausgefüllt ist, hat ein streifig körniges Aussehen und erinnert an die Beschaffenheit der Spitze der Keimbläschen von *Watsonia*, *Gladiolus* u. a. Er wird nach dem Abwerfen des Halscanales unter Oeffnung der Spitze der Canalzelle entleert (PRINGSH. Jahrb. III. S. 536). Die ganze Centralzelle umhüllt sich nach der Befruchtung und wird zur ersten Zelle des Embryo. Die erste Zelle des Embryo wird selbst zur blei-

benden Zelle des Hauptproffes. Für die Evolution erhalten wir dieses gedrängte Schema im Anschluß an die früheren:

VII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (B. *Salvinia*).

Ausfaat im Herbst des vorigen Jahres, Keimung im Frühling dieses Jahres:

Mikrospore, Mikrosporangium, Sporenschlauch, Spermatozoid.	Makrospore, grünes, über die Makrospore hervorragendes Prothallium. Zahlreiche Archegonien, unter Umständen mehrere Keimanlagen. Eingefenkte Centralzelle.
--	--

Die befruchtete Centralzelle theilt sich in Quadranten:

I. Das Schildchen entsteht aus dieser Quadrantenzelle, durchbricht das Prothallium als grünes Blattgebilde, Fig. 172 B.	III. } Quadranten III und IV werden zur Primäraxe. Die Wurzel fehlt. Fig. 172 A zu vergleichen mit den Schematen für <i>Pilularia</i> , <i>Salvinia</i> und mit den Farren und Equiseten, S. 291, 297.
II. Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze mit rasch folgenden Blatt- quirlen, Fig. 172 B.	IV. }

Die Blätter der Wirtel differenziren sich (Anschluß an das Schema S. 307) in Luftblätter und Wasserblätter. Die metamorphen Blattanlagen der Wasserblätter differenziren sich in

Conceptaculis

für Mikrosporangien für Makrosporangien
und Mikrosporen, und Makrosporen.

Diese reifen im Herbst des laufenden Jahres, gelangen zur Ausfaat, indem die beblätterte Pflanze eingeht (verwest).

Während der Entwicklung des Keimlings, Fig. 172, erfährt das Prothallium als Nebenwirkung des sexuellen Actes eine mächtige Streckung, es bildet zwei seitliche, spitz lanzettliche Flügel. Das Schildchen, aus einer der nächsten Segmentzellen der wenigzelligen Keimanlage hervorgegangen, ist ein blattähnliches Gebilde, welches in den nächststehenden Verwandtschaftskreisen keine Analogien besitzt (man müßte denn gerade die schildförmige Wucherung des ersten Keimblattes der Monocotyledonen hier heranziehen).

C. Morphologie der Azolla¹⁾.

Die Gattung *Azolla*, welche sich an die *Salvinia* anschließt, ist ebenfalls eine auf dem Wasser schwimmende Pflanze (in Neu-Holland, Afrika, Asien, Nordamerika von Canada bis zur Magelhaens-Straße). Im Habitus durchaus abweichend, im Verhalten des Vegetationspunktes und in der Generation mit directem Anschluß an *Salvinia*. Der Habitus der *Azolla* ist der dendritisch verzweigter Jungermannien, die Blätter sind alternierend tief eingeschnitten, auf der Wasseroberfläche ausgebreitet. Von der unteren Seite des Stammes entwickeln sich die unverzweigten Wurzeln, einzeln oder in Büscheln. Eine ganz auffällige Ähnlichkeit in der Gestalt des Vegetationspunktes mit *Salvinia* hat sich nach den eingehenden Untersuchungen STRASBURGER's herausgestellt. Ein wesentlicher und interessanter Unterschied besteht darin, daß der schlanke Vegetationskegel an dem horizontal auf dem Wasser liegenden System so weit gekrümmt ist, daß die Axe der oberen Segmentreihe und der Scheitelzelle im Loth steht. Die Segmentanlage ist indeß mit der bei *Salvinia* gefundenen identisch.

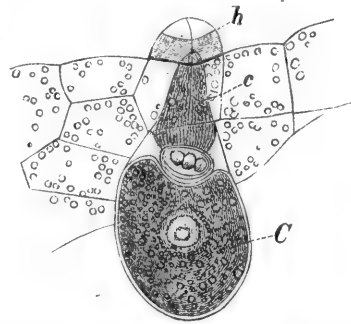
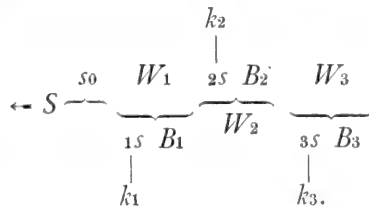


FIG. 171. Archegonium vor der Reife. C Centralzelle (Keimzelle), c Canalzelle, h Halscanal des Archegonium. PRINGSHEIM, Zur Morph. d. *Salvinia natans*, Jahrb. Bd. 3, S. 484.

Die Gliederung kann annähernd durch die beifolgende Schema veranschaulicht werden:

VIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (*Azolla*).



Wenn an dem horizontal stehenden Stamm *S* die Scheitelzelle, 50 das jüngste noch nicht weiter gegliederte Segment, 25 35 die älteren Segmente, *B* die Blätter, *k* die Seitenknospen bedeuten, so sind die beiden letzteren auf ein Segment zurückführbar. Die Blätter entstehen aus den rückenständigen Theilen, die Seitenknospen aus den bauchständigen Theilen derselben Segmente. Die ersteren wachsen als halbkuglige Warzen unter der Ebene, die letzteren ebenso über der Ebene des Papieres. Durch diese Stellung

¹⁾ STRASBURGER, Ueber *Azolla*. Jena. H. Dabis. 1873.

verlieren die Knospen die Bedeutung der Achselknospen, wiewohl sie den Theilungen entsprechend nahe Verwandte der Blätter sind. Die Wurzel-initialzelle *W* steht in der Nähe der Knospe und in gleicher Höhe mit dieser.

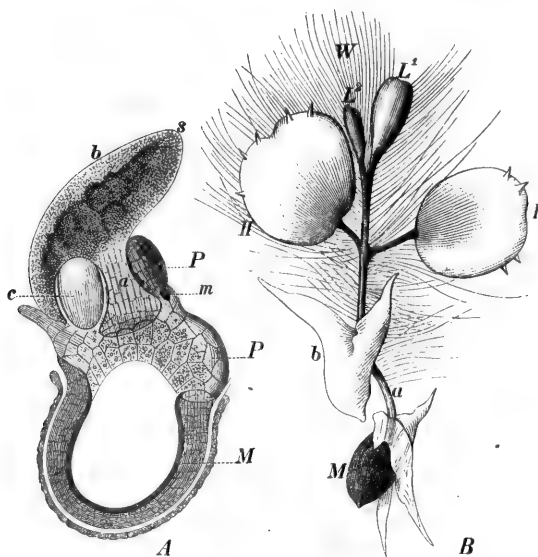


FIG. 172. *A* Mitteldurchschnitt durch Makrospore *M*, Prothallium *P*, nachdem der Embryo das letztere durchbrochen, *m* der Ort wo der Halscanal lag, *a* primäre Axe, *s* *b* Schildchen, *c* Terminalknospe des Embryo. *B* entfaltete junge Pflanze noch in Verbindung mit der Makrospore *M*, *a* Stielchen (primäre Axe), *b* Schildchen, *II* älteste Blätter, *W* Wasserblatt, *L*¹ *L*² zwei Luftblätter des ersten dreigliedrigen Wirtels.

In jedem Falle bietet die Entwicklungsgeschichte, deren Verständniß zum großen Bedauern des Verfassers dieses Handbuchs nicht durch Abbildungen erleichtert werden kann, ein großes Interesse aus diesen Betrachtungen:

1^o bei *Salvinia* und *Azolla* ist der Modus des Scheitelwuchses identisch;

2^o bei beiden können die Organe als nahe Verwandte derselben Segmente hergeleitet werden;

3^o in keiner der beiden Pflanzen entstehen die Zweigknospen direct am Scheitel;

4^o bei der einen Pflanze führt die Gliederung der Segmente zum Luftblatt, Wasserblatt: *Salvinia*;

5^o bei *Azolla* dagegen zum Luftblatt, Wurzel: Seitenknospe.

Das Wasserblatt tritt bei der einen Pflanze an die Stelle der Wurzel.

Die sämmtlichen untersuchten *Azolla*-arten sind monöcisch. Die Sori oder Sporangienhaufen entstehen aus umgewandelten Blattgipfeln der unteren Blätter an den Seitenknospen. Der fruchtragende Seitensproß stellt in der Regel keine vegetative Thätigkeit ein.

Die Mikrosporangien sind in ein ellipsoïdisch kegelförmiges, zweischichtiges Indusium eingehüllt; sie entspringen einer Columella und sind lang gestielt. Der Stiel besteht aus zwei Zellenreihen. Die Sporangienwand ist einschichtig. Der Hohlraum enthält mehrere sphärische Ballen, «Massulae», welche, aus dem geöffneten Sporangium herausgepreßt, mit eigenthümlichen Haaren bedeckt erscheinen.

Diese «Glochiden» sind ein- oder mehrzellig gegliederte Cylinder mit zwei ankerähnlich gestellten Haken am Scheitel. Die Massula ist eine Schleimmasse, in welcher die Mikrosporen enthalten sind. Die Massula ist jedenfalls eine Mutterzelle mit deutlicher Membran, an welcher die Ankerhaare entsprossen.

Die einzige Makrospore füllt das Makrosporangium vollständig aus und bleibt mit diesem bei der Ausfaat verwachsen. Die Makrospore zerfällt in den unteren mit Plasma angefüllten Sporenraum und einen oberen, eigenthümlich gefalteten Hohlraum, welchen STRASBURGER den Schwimmapparat nennt. Die Sporenhaut ist in zwei Schichten gegliedert. Das Episporium (Exosporium) ist leistenförmig, warzig, verdickt, mit eigenthümlichen, außerordentlich zarten hyalinen Fadenbüscheln besetzt. Die Sporenhaut geht an dem oberen abgeplatteten Theil in den Schwimmapparat über. Dieser ist wahrscheinlich ein Ueberrest aus der Masse, welche zum Aufbau der Makrospore verwandt wurde, ein birnförmig gestalteter, einfacher oder getheilter Körper, welcher aus der gleichen Substanz besteht, wie die Zwischensubstanz zwischen dem Epi- und Endosporium bei Azolla und Salvinia (f. Fig. 172 A bei M)¹⁾.

Die Schwimmapparate sind einfach oder zusammengesetzt, am Scheitel selbst mit jenen eigenthümlichen Fadenbüscheln besetzt. Zur Zeit der Sporenreife sind die Hohlräume in den Schwimmkörpern mit Luft erfüllt. Sie dehnen sich aus, bewirken das Zerreißen des Sporangium. Die Fadenbüschel breiten sich aus. In diesen bleiben die Glochiden der Massulae haften, in welchen die Mikrosporen eingebettet liegen. (Ueber die Deutung des Schwimmapparates und den complicirten Bau der Sporenhaut, sowie der Fadenbüschel, f. a. a. O. S. 66 bei STRASBURGER.)

D. Anatomie der Salvinieen.

Als Beispiel der Gliederung kann Azolla gewählt werden. Die tiefer gelegenen Segmente im Schema, S. 311, theilen sich durch radial gestellte Längswände, so daß der Querschnitt in Quadranten zerfällt, jeder Quadrant theilt sich wiederholt in dem gleichen Sinne. Durch das Auftreten der tangential gestellten Längswände differenziren sich radiale Reihen von Zellen. Während der Streckung entsteht ein central belegener Gefäßstrang mit we-

¹⁾ Denken wir uns einen Durchschnitt durch die Sporenwand der Azolla,
 Fadenbüschel, Fadenbüschel,
 warzige Erhebung des Episporis, warzige Erhebung,
 Vertiefung des Episporis,

so ist der Raum der Erhebung mit jener Zwischensubstanz ausgefüllt, welche an dem einen Pol, da wo das Epispor endigt, in den Schwimmkörper übergeht.

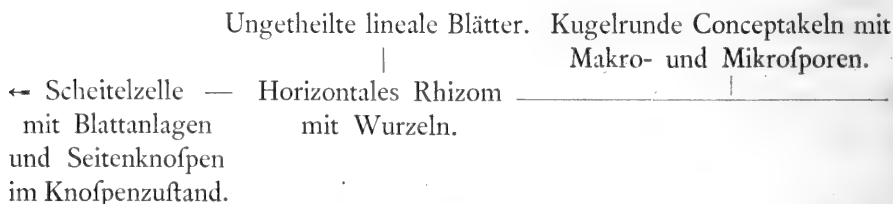
nigen Tracheiden und Leitzellen. Die Wurzel erhält ebenfalls einen centralen Strang, der sich an denjenigen des Stammes ansetzt. Die Blätter erhalten rudimentäre Stränge. Das Blatt ist mehrschichtig, mit spaltenführender Epidermis versehen. Das chlorophyllführende Mesophyll ist durch große Interzellularräume aufgelockert. Nahe der Einfügung befindet sich an den Rückenlappen des Blattes eine große Höhle, von deren Grenzzellen gegliederte Haare entspringen. Die Höhle mündet nach der Bauchfläche durch einen von mehreren Zellen gebildeten, durch Zellenpapillen begrenzten Interzellularraum. Diese Höhle wird häufig von Nostoc besiedelt.

§ 25. Heterospore Gefäßpflanzen. III. Obere Stufe der Rhizocarpeen: Marsileaceen (Marsilea und Pilularia).

A. Morphologie.

Der genetische Zusammenhang dieser Gruppe von Pflanzen wird durch die Keimung erwiesen. Die vegetativen Organe sind der Stamm, die Wurzel, das Blatt und die Haare.

Gegenüber den gracilen und einjährigen *Salvinia* und *Azolla* sind die Stämme starre, kriechende, perennirende Rhizome mit stärker entwickeltem Fibrovaskelsystem. Die Behälter der Sporangien sind metamorphe Blattfieder. Die äußere Gliederung der *Pilularia* ist durch dieses Schema veranschaulicht:



Das Rhizom verzweigt sich und entwickelt zur Zeit der vegetativen Erstarkung aus umgebildeten Blättern die kugligen Sporenfrüchte, in welchen sich Makro- und Mikrosporangien ausbilden.

Die Gliederung der *Marsilea* ist ähnlich; das horizontale bewurzelte Rhizom bildet gelappte Blätter, an welchen ein Fiederlappen zur gestielten Sporenfrucht umgebildet wird. Das Conceptaculum dieser besteht aus der Blattspreite. Der Stiel entspricht dem Blattstiel.

Die Entwicklungsgegeschichte wird am besten von den Sporen hergeleitet.

B. Generation.

Die Sporenfrucht der *Pilularia*¹⁾ besteht aus zwei Schalen, die äußere aus stark verdickten, verholzten und radial pallifadenartig gestellten Zellen bestehend, die innere, sowie auch die einzelnen Kammern zur Zeit der Reife wie die Häute der Sporangien gallertartig aufquellend. Im Längs-

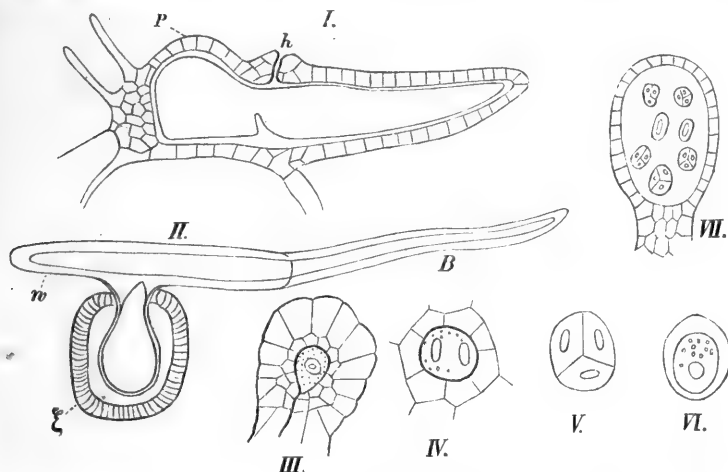


FIG. 173. Entwicklung der *Pilularia globulifera*, schematisch. I II junge Keimpflanze, *b* Halscanal des Archegonium, *P* Prothallium, *E* Exosporium, *W* Wurzel, *B* Blatt. III junges Sporangium. *V* *VI* Sporenmutterzellen. *VII* Sporangium mit normalen und abortirenden Sporen. (Nach HOFMEISTER.)

durchschnitt durch die Frucht erkennt man zwei Fächer, in jedem Fache stehen an der Wand eingefügt die Sporangien. Im Querschnitt ist die Frucht vierkammerig, und man erkennt die vier Infertionsstellen der Sporangien.

Die Anlagen der Sporangien sind ursprünglich gleich, schon im frühen Entwicklungszustand zeigt sich in dem kugligen Sporangium, Fig. 173 III, eine centrale Zelle, welche von zwei Schichten vegetativer Zellen umgeben ist. Diese theilt sich und bildet in einer Reihe von Zellenabkömmlingen die Mutterzellen der Sporen. Bis zur Bildung der Specialmutterzellen und der zu vier entstehenden Sporen verhalten sich alle Sporangien gleich. Von jetzt ab entwickeln sich in den unteren Sporangien die Makrosporen. Die eine Makrospore im Sporangium wächst zur Kugelgestalt, die Nachbarzellen werden reforbirt, die reife Makrospore besitzt eine in prismatische Areolen differenzierte Gallertschicht, welche sich nicht über den Scheitel erstreckt,

¹⁾ Nach HOFMEISTER sind die Sporenfrüchte der *Pilularia* das umgewandelte Ende eines Zweiges, der sich in der Achsel eines der pfriemförmigen Wedel und der Hauptaxe gewöhnlich als Beiknospe in einer der normalen Gabelungen des Stengels bildet.

Fig. 175 bei E. Die sämmtlichen Sprosse der oberen Sporangien bilden sich zu Mikrosporen um.

Zur Zeit der Reife sind alle Gewebe im Innern des Conceptaculum in Quellung, die äußeren Gewebe werden zerrissen und springen in vier Klappen auf, die Sporen gelangen in's Wasser. Die Keimung erfolgt nach mehreren Wochen, bei Marsilea nach wenigen Tagen.

Die Conceptakeln der Marsilea entsprossen an einem Stiele, dem vegetativen Blatt, sind bohnenförmig abgeplattet. Nach Russow entspricht das Conceptaculum von Marsilea einem ganzen aus Spreite und Stiel zusammengesetzten Blatttheil. Jede Fruchtklappe stellt ein ganzes Blättchen des ursprünglich gelappten, vegetativen Blattes dar und trägt eine Reihe von Soris. Die genauere Keimungsgeschichte stimmt bei beiden in den wesentlichen Zügen überein. Wir wählen die von HANSTEIN für Marsilea gelieferte Entwicklung als Beispiel: in dem Fruchtkörper der Marsileen liegt ein Ring knorpeligen Zellgewebes, dessen Zellen im trockenen Zustand eng zusammengelagert sind. Zur Zeit der Reife quillt daselbe durch die zerrissenen äußeren Gewebelagen des Fruchtkörpers zu einem Gallertring oder Faden, an welchem die Sori ausgebreitet erscheinen. Aus den Soris werden die Sporen entlassen.

IX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Marsilea und Pilularia).

Mikrospore, Mikrosporangium, Spermatozoid.	Makrospore. Das Prothallium ist farblos, ragt über die Mündung der Makrospore hervor. Das einzige scheitelständige Archegonium wird befruchtet.
Die befruchtete Centralzelle bildet Quadranten.	
I. Dieser Quadrant (vergl. Fig. 175) wird zur ersten Wurzel.	II. Erstes Blatt, vergl. Fig. 174 und 175.
III. Dieser Quadrant geht ganz in die Bildung der Primäraxe ein, Fig. 175 f o.	IV. Von diesem Quadranten theilt sich die Scheitelzelle für die beblätterte Pflanze ab, f. Fig. 175 A. Der andere Theil theilt sich an der Bildung der Primäraxe, Fig. 175 f o.

Die ellipsoidischen, mit weißer Sporenhaut und einem Gallertexosporium versehenen Makrosporen zeigen wenige Stunden nach der Ausfaat die Anlage zu dem Prothallium, welches an einem Pol das Exosporium durchbricht. Es theilt sich zu einer domförmig über die Makrospore hervorragenden Gewebegruppe. In der Ansicht von oben erscheint es in Quadranten und Octanten getheilt. Die Anordnung der Zellen ist eine strahlige. Eine centrale, sehr große Zelle wird zur späteren Keimzelle. Der Scheitel des Prothallium ist von dem aus vier Zellen bestehenden, kurzen Hals-theil beherrscht, Fig. 174 *Ab*.

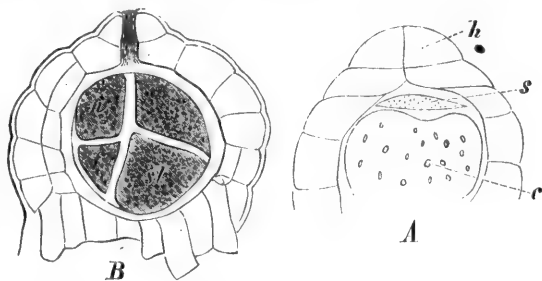


FIG. 174. Marsilea. *A* Archegonium vor der Befruchtung, *b* Halscanal, *s* im Canal ein Schleimkörper, welcher vor der Befruchtung ausgefressen wird, *c* Centralzelle. *B* befruchtetes Archegonium, die Centralzelle in Quadranten getheilt, 17 Stunden nach der Befruchtung.

Der Hohlraum der Centralzelle enthält die Keimkugel und die kleinere Zelle, Canalzelle (nach PRINGSHEIM, vergl. *Salvinia*). Diese wird ejaculirt und öffnet dabei durch ihren Quellungsdruck den Halscanal.

Die Mikrospore ist kuglig, sie theilt sich bei der Keimung in 4, 8, 16 Mutterzellen der Spermatozoiden. Nach der Anlegung dieser wird der Gesamtinhalt entlassen. Die Spermatozoiden treten aus ihren Mutterzellen mit der Plasmablaste, in welcher feine Stärkekörnchen enthalten sind, aus und schwärmen. Ihre Gestalt weicht außerordentlich von derjenigen der bekannten übrigen Kryptogamen ab: eine allmähig durch 10—15 Windungen verjüngte Spirale mit zahlreichen Wimpern. Die befruchtete Eizelle erhält bald eine zarte Membran, theilt sich über das Kreuz in Quadranten, Fig. 174 *B*. Die Weiterentwicklung schließt sich ziemlich gut an *Pilularia* und *Isoetes* für letztere, wenigstens für die jüngeren Keimphasen, an; die größere Uebereinstimmung herrscht freilich mit *Pilularia*. Wurzel und Blatt, Fig. 173, 175, erreichen oft die Länge von über 1 mm, ehe das Prothallium zerreißt. Die entgegengesetzte Lage von Blatt und Wurzel in der Winkeldivergenz von nahezu 180° ist durchaus charakteristisch.

C. Anatomische Gliederung von Stamm, Blatt und Wurzel.

Die Entwicklung der *Marsilea* läuft durch die Figuren 174 *B*, 175 *AB*, 169 *III*. In der letzteren Darstellung ist das Blatt bis zu der Anlage des primären centralen Gefäßbündels differenzirt, ebenso die Wurzel. Jetzt sind 4—5 Tage nach der Ausfaat vergangen, Wurzel und Stamm wachsen mit einer dreiseitigen Scheitelzelle. Bei dem siebentägigen Keimling sind bereits mehrere Wurzeln und Blätter angelegt. In der weiteren Gliederung

des Stammes ist zu beachten, daß die Segmentirung nach $\frac{1}{3}$ um die dreifertige Scheitelzelle vor sich geht. Das Stämmchen wächst horizontal weiter. Aus zweien dieser Segmentreihen entsprossen die Blätter, aus der anderen die Wurzeln.

Das Blatt wächst mit einer Scheitelzelle. Das erste Blatt ist ungetheilt, allmählig aber werden die folgenden complicirter gegliedert, zwei- bis vier-

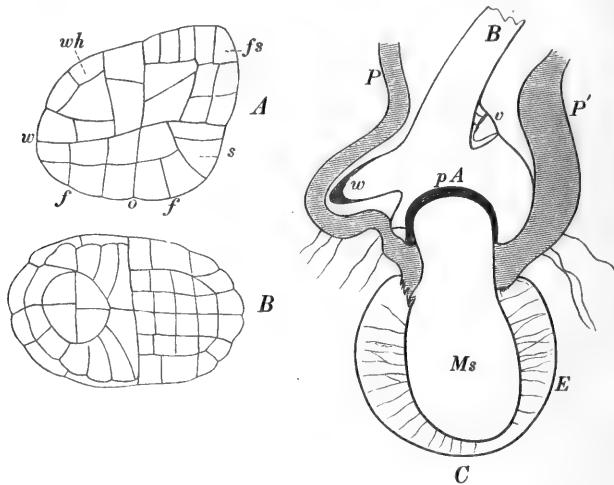


FIG. 175. *A B* Marsilea, *C* Pilularia. *A* Durchschnitsansicht der Keimpflanze, *s* Scheitel des Stammes, *f o f* die primäre Axe aus einem Theil des rechten unteren und des ganzen linken Quadranten bestehend, *w b* Initiale zur Wurzelhaube, *fs* Scheitel des Blattes, welches aus dem rechten oberen Quadranten hervorgeht, der ganze linke obere Quadrant wird zur Wurzel. *B* die Keimanlage *A* ist um eine horizontal stehende Axe um 90° gedreht, man schaut jetzt von oben auf den rechts liegenden Blattquadranten, in dem links liegenden Wurzelquadranten sieht man vier über's Kreuz geordnete Zellen, die Initialen der Wurzelhaube. *C* schematische Darstellung der Keimpflanze von Pilularia globulifera, nachdem das Prothallium zerrissen ist, *Ms* Makrospore, *E* Exine derselben, *P P'* Prothallium, *pA* primäre Axe, *w* Wurzel, *B* Blatt, *v* Vegetationspunkt.

lappig. Die Blätter wachsen zuerst durch die einzige Scheitelzelle in der Weise, daß der Blattstiel gefördert wird; zuletzt bildet sich, indem die Theilungen und der Zuwachs auf die Randzellen übertragen werden, die Blattspreite. Die Gefäßbündel entstehen aus den axilen Zellen der Blätter, der Wurzeln und des Stammes und schließen sich in akropetaler Folge gegenseitig zusammen. Die vegetative Verzweigung geschieht durch Axillarpfrosse.

§ 26. Vergleichende Entwicklungsgeschichte von Selaginella und Pinus.

Bei der Betrachtung der Lycopodiaceen wurde die Gattung Selaginella vernachlässigt, damit Raum gewonnen werden konnte für eine vergleichende

Keimungsgeschichte, welche den genetischen Zusammenhang zwischen den Gefäßkryptogamen und Gymnospermen darthut. Das Resultat dieser Entwicklungsgeschichte gehört zu den bedeutendsten Erfolgen der botanischen Forschungen in der neueren Zeit. Die Kluft, welche in der continuirlichen Kette von allmählig sich vervollkommnenden Pflanzenformen zwischen den Kryptogamen und Phanerogamen bestand, ist damit überbrückt.

Was zunächst den Sexualact angeht, so kann Selaginella als ein landbewohnender Abkömmling von Wasserpflanzen angesehen werden, welcher für die geschlechtliche Mischung die Anpassung an eine Wasserbahn beibehalten hat. Pinus (wie alle Coniferen) dagegen ist ein entfernterer Verwandter desselben Stammes mit der Anpassung derselben Organe an die Atmosphäre. Wir erhalten als wesentliche Züge für die Vergleichung die Befruchtung und die Entwicklung der Keimpflanze.

Selaginella.

Die perennirende beblätterte und bewurzelte Pflanze bildet zur Zeit der vegetativen Erstarkung die Endtriebe der beblätterten Zweige höherer Ordnung zu Sporangienträgern um. Ein solcher Zweig gleicht dem Blütenstand der Nadelhölzer, die Blätter sind kleiner und in der Gestalt einfacher, die Sporangien entstehen als Axillarsprosse; nennen wir *A* die Axe des in Frage stehenden Zweiges, *B* das Blatt, *S* das Sporangium, *l* die Ligula, so herrscht für den Querschnitt diese Anordnung:

A
S
l
B,

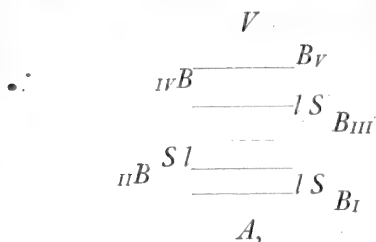
wo von *A* nach *B* die Mediane liegt. Zahlreiche Sporangien mit den zugehörigen Blättern stehen in cyclischer Folge an der Axe *A*. Im Längsschnitt durch einen Sporangienzweig erhalten wir diese Anordnung:

Pinus.

Die beblätterte bewurzelte Baumpflanze bildet zur Zeit der Erstarkung (Mannbarkeit), mehrere Jahrzehnte nach der Ausfaat, an besonderen Zweigen der letzten Ordnung männliche und weibliche Blütenstände. Die Zweige gleichen bis zu einer bestimmten Zeit den beblätterten, sowohl in der Stellung der Seitenorgane (Blätter) als auch in deren Gestalt, später entwickeln sich die männlichen abweichend von den weiblichen. Der männliche Zweig beginnt mit einigen umgebildeten Laubblättern, welche gezahnt, schuppenförmig werden und eine geringere Entfaltung zeigen als die tiefer stehende Laubblattregion, die höher stehenden Blätter werden in Antheren *a* umgebildet, zweifächerige Behälter, welche den Mikrosporangien entsprechen:

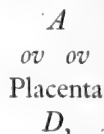
A.
a.

Zahlreiche Antheren *a* stehen um



wo vom Vegetationspunkt *V* nach *A* die Axe zu denken ist. Die aufeinanderfolgenden Glieder *I*, *II* u. f. f. entsprechen den einzelnen Schritten, in der Nähe von *V* ist im Zeitpunkt der Beobachtung erst das Blatt angelegt.

die Axe in cyclischer Folge geordnet. Die weiblichen Zweige, Zapfen, sind complicirter gebaut, für ein Element erhalten wir im Querschnitt (Diagramm):



worin *ov* die Ovula oder Blüten, *D* die Deckschuppe bedeuten. Von *A* nach *D* geht die Mediane. Viele solcher Elemente stehen in cyclischer Folge um die Axe. Die Gruppe von zwei Ovulis mit der Placenta stellt den Axillarsproß zu dem Deckblatt *D* dar.

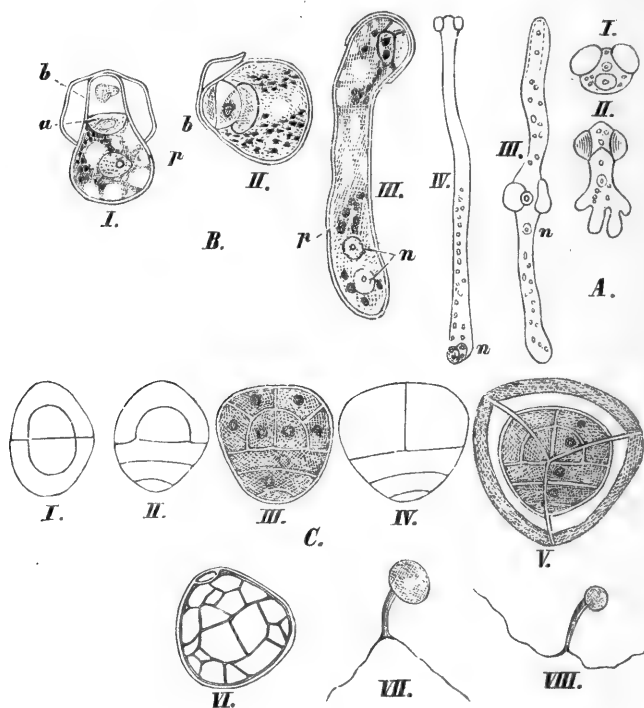


FIG. 176. *A* Pollen der Abietineen. *I* das Pollenkorn vor der Schlauchbildung, in *II* hat sich ein verzweigter Schlauch gebildet, in *III* sind zwei Schläuche entwickelt, in *IV* der normale Verlauf der Schlauchbildung, *n* die Nuclei (nach STRASBURGER). *B* Ceratozamia. *I*—*III* keimende Pollenkörner, *b* Basalzelle, *a* nächste Zelle, *p* Pollenschlauch. *C* Selaginella, *I*—*VI* Entwicklungsreihe der Mikrospore (nach PFEFFER), *VII* *VIII* die freien Spermatozoiden.

Die Sporangien bestehen aus einer gefalteten Kapsel von sphärischer Form. Mehrere Wandzellenlagen umgeben die Urmutterzellen der Sporen. Die Mutterzellen theilen sich im Mikrosporangium in vier Tochterzellen, aus welchen die Mikrosporen von Gestalt eines Tetraeders hervorgehen als trockenes Pulver, welches zur Zeit der Sporenreife am Ende der Vegetationsperiode verstäubt, zur Ausfaat auf feuchter Erde gelangt. Die Sporenhaut ist doppelt geschichtet (das Exosporium und Endosporium), die tetraëdrische Mikrospore keimt nach kurzer Ruhezeit unter geeigneten Bedingungen (auf feuchter Erde und bei genügender Temperatur).

Nur die Antheren oder Mikrosporangien entsprechen einer zweifächerigen Kapsel, in welcher die Urmutterzellen der Pollenzellen (Mikrosporen) von einer mehrschichtigen Wandung umgeben sind. Die Mutterzelle der Pollen bildet vier Tochterzellen von ellipsoïdischer Gestalt. Jede Pollenzelle, Mikrospore, ist zweizellig mit doppelter Wand, die Exine bildet zwei luftgefüllte Säcke, welche die Pollen windtuchtig machen. Das trockene Pulver der Pollen wird im Beginn der Vegetationsperiode verstäubt und fliegt eventuell auf dem weiblichen Blütenstand an.

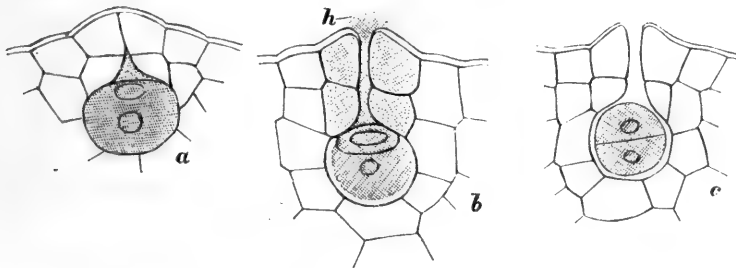


FIG. 177. Selaginella. Reihe von Archegonien, a vor der Befruchtung, b zur Zeit der Geschlechtsreife, im Halscanal h liegt die Masse der ejaculirten Canalzelle, c nach der Befruchtung, die Keimkugel hat eine zweizellige Embryonalanlage gebildet.

Die Mikrospore theilt sich mehrfach, Fig. 176, die Tochterzellen sind die Mutterzellen der Spermatozoiden, welche mit dem Plasmabläschen entlassen werden, mit zwei Cilien, Fig. 176 VII VIII, schwärmen und eventuell den Halscanal der Archegonien treffen. Hierin liegt der directe Anschluß an die übrigen höheren Kryptogamen. Bei den Gymnospermen ist jede Anlage für die Bildung der Samenfäden

Die Pollenzelle von Pinus (den Abietineen), Fig. 176 AB, bildet die eine Zelle a in I der Figur nicht weiter oder es entstehen aus dieser wenige Zellchen, welche sich indeß an den weiteren Vorgängen nicht wesentlich betheiligen. Das Pollenkorn keimt nach einigen Tagen im weiblichen Apparat (f. Fig. 179 III P) bei Abies, Picea, erst nach einem Jahr bei Pinus und Cedrus. Die größere

verschwunden, die Befruchtung geschieht mit Hilfe des Schlauches und durch den Zellkern.

Mutterzelle p bildet zwei Zellkerne n Fig. 176 in III und IV. An Stelle der Samenfäden vermittelt einer der Kerne n die sexuelle Mischung.

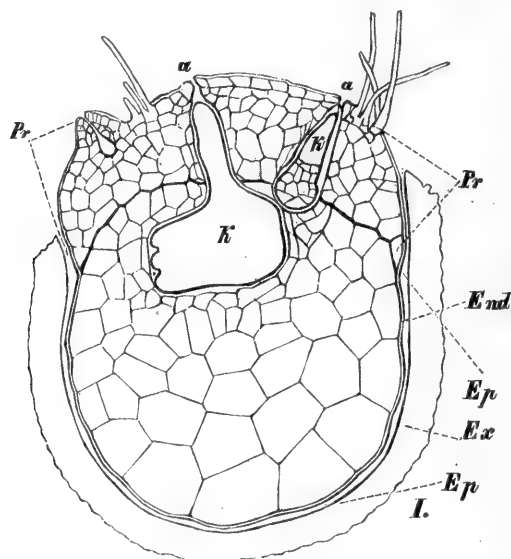


FIG. 178. Makrospore von Selaginella nach der Befruchtung. Der Zellkörper, welcher den Hohlraum der Spore ausfüllt, Ep das Endosperm, End Endo-, Ex Exosporium, Pr das Prothallium, K K zwei Keimanlagen, von welchen die eine vorgeeilt ist.

Die Theilungen in dem Makrosporangium sind ähnliche, da aber die Sporen rasch heranwachsen, werden in der Regel fast alle Schwester-sporen resorbirt. Die reife Makrospore ist einzellig, ellipsoïdisch oder kuglig, von der GröÙe eines Hirsenkornes, mit einem derben, bei einigen Arten mit Leisten versehenen Exosporium, Fig. 178, und einem zarten Endosporium. Der Sporenhohlraum ist mit Oel und Protoplasma angefüllt. Die Makrospore wird gleichzeitig mit den Mikrosporen entlassen und keimt mit diesen unter den gleichen Bedingungen. In dem Prothallium, Pr Fig. 178, welches meniskenförmig

Sehen wir für Pinus zunächst von der Bedeutung der Placenta und der Deckschuppe ab und halten uns an das Ovulum. Dasselbe ist ein ellipsoïdischer Sproß, welcher als eine kleine Zellenwarze an der Placenta entspringt. Bald entspringt an der Placenta eine blattartige Hülle (Eihülle, Integument), welche den Eisproß bis an den Scheitel einhüllt. Dort bleibt ein Canal, die Mikropyle. Das Integument ist nach einer Seite tütenförmig erweitert. Dort fällt das Pollenkorn auf den Eikern. Im Innern der Eiknospe wächst eine Zelle vor der Geschlechtsreife heran, der Embryosack, welcher reich-

über die Oberfläche der zerrissenen Sporenhaut hinaustritt, bilden sich aus den Randzellen die Archegonien in größerer Anzahl. Der Halscanal ist eingefenkt oder überragt die Prothalliumfläche mit vier Zellen, *b* Fig. 177. Die Centralzelle mit deutlichem Kern bildet, wie bei *Salvinia*, die Canalzelle, welche zur Zeit der Geschlechtsreife den Halscanal öffnet und ejaculirt wird. Die Spermatozoiden gelangen in den Halscanal. Die befruchtete Keimkugel bildet zunächst zwei Zellen, Fig. 177 *c*. Ein Nebeneffect der Befruchtung ist die Ausbildung des Endosperms. Durch freie Zellbildung werden alle disponiblen Nährkörper im Hohlraum der Makrospore in ein festes Gewebe mit zartwandigen Zellen eingeschlossen, *End* Fig. 178.

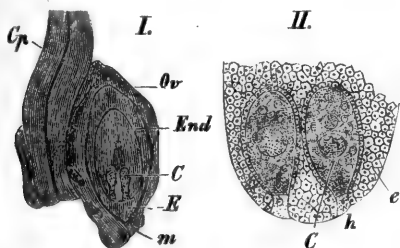
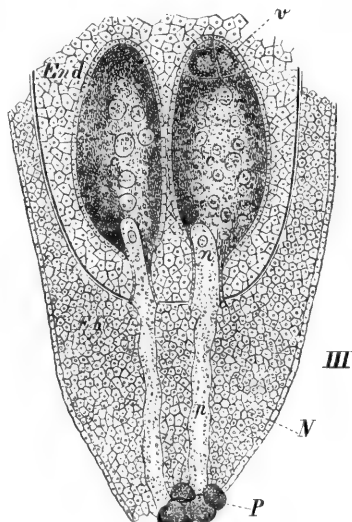


FIG. 179. *Abies canadensis*. I axiler Längsdurchschnitt durch die Placenta und einen Eipröß *Ov*, *Cp* die Placenta (Carpellblatt), *m* Mikropyle, *C* zwei Corpuscula, *End* Endosperm. II der Scheitel des Endosperms *e* mit den beiden Corpusculis aus dem Eikern und dem Integument frei präparirt, bei *b* die Canalzelle der Corpuscula, in den Corpusculis befinden sich sphärische Plasmamassen. III Scheitel des Eikerns *N* und *Ek*, nachdem das Integument entfernt ist, *P* zwei Pollenkörner, welche ihre Schläuche *p* durch den Eikern *Ek*, durch den Scheitel des Endosperms *End* gefandt haben; dieselben sind in die Corpuscula eingedrungen, nachdem die Canalzelle, *b* Fig. II, (und die Deckelrosette nach Hofmeister) zerföhrt wurde. In dem entgegengesetzten Pol des Corpusculum bei *v* ist die zweizellige Embryoanlage an die Wand angepreßt, *n* einer der Nuclei im Pollenschlauch.

Die Keimanlage, welche im Zustande von zwei Zellen, Fig. 177 *c*, die Centralzelle des Archegonium aus-

lich mit Protoplasma und Stärkemehl erfüllt ist. Der Pollenschlauch bewirkt zunächst bezogen auf den sexuellen Act eine Reihe vom Umbildungen, welche als Nebeneffecte der Befruchtung angesehen werden müssen. Alle Theile, sowohl die Eiknospe und die Placenta, als auch die Zapfenaxe wachsen beträchtlich heran. Der Embryosack füllt sich mit Endosperm, durch freie Zellbildung im Scheitel des Embryosackes, Fig. 179, entstehen zwei Archegonien (secundäre Embryosäcke oder Corpuscula der älteren Autoren). In diesem Zustand ist die Sachlage für *Abies canadensis* in den Fig. 179 I II III bei verschiedener Vergrößerung festgehalten.



Die Befruchtung wird dadurch vermittelt (wenigstens nach einer genauen Beobachtung STRASBURGER's),

füllt, wächst nun insofern abweichend von den Keimanlagen der Isoëten,

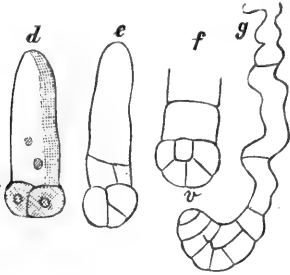


FIG. 180. Frei präparierte Vorkeime von *Selaginella*, sie entsprechen jüngeren Zuständen der Embryonen, welche in der Fig. 178 im Endosperm der Makrospore eingeschlossen sind. *d* einzelliger Vorkeim mit zweizelliger Keimanlage, *e* der Vorkeim geteilt, die Keimanlage an dessen Ende dreizellig, *f* untere Endigung eines Vorkeims mit mehrzelligem Scheitel (nach PEEFFER), *g* Vorkeim und Keimanlage, älterer Zustand (nach HOFMEISTER).

Salvinieen und Marsiliaceen, als sie zuerst einen cylindrisch gegliederten

daß von den beiden Zellkernen des Pollenschlauches einer in dessen vorderes Ende sich einzwängt. Nachdem der Pollenschlauch in den Scheitel des Corpusculum eingedrungen ist, Fig. 179 III, wird dieser Kern nach dem Corpusculum durch die quellende plastische Spitze des Schlauches entlassen, Fig. 181. In *a* liegt der Kern des Schlauches *n* noch in dessen Nähe, *n'* der Kern des Corpusculum, beide verschmelzen zu einer einzigen Kernmasse. Sehr bald nach diesem Vorgang findet sich in dem entgegengesetzten Pol des Corpusculum die Keimanlage als eine Plasmamasse mit zarter plastischer Membran differenziert, Fig. 179 *v*, Fig. 182 *B*. Sie ist genau in die Endigung eingepaßt.

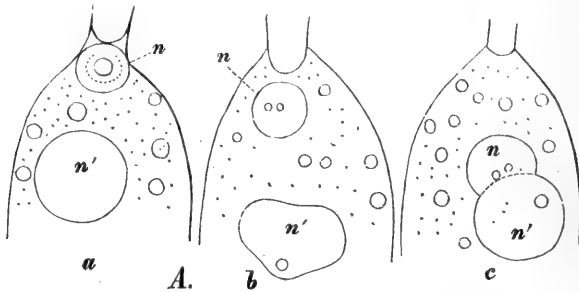


FIG. 181. Vorderer Scheitel des Corpusculum von *Abies canadensis*, in Verbindung mit der Spitze des Pollenschlauchs, *n* dessen Zellkern, *n'* der Zellkern des Corpusculum, *b* späterer Zustand, der Kern des Pollenschlauches im Corpusculum auf der Wanderung, *c* die beiden Kerne miteinander in Verbindung, im Begriff gegenseitig sich zu verschmelzen.

Vorkeim bildet, welcher das Prothallium in der Richtung nach dem Centrum der Makrospore durchbricht, Fig. 178. Derselbe wächst als eine hyaline keulenförmige Zelle bis in das Endosperm, theilt sich durch Wände senkrecht zu seiner Axe und schiebt damit die Embryoanlage in das Nährgewebe, auf dessen Unkosten

Ihre Gestalt ist daher nach dem Pol zu von einem steileren, nach dem Innern des Corpusculum zu von einem flacheren Paraboloid begrenzt. Diese Keimanlage theilt ihre Kerne, welche eine Zeit lang mit den früher schon beachteten Kernfäden verbunden sind, in zwei, bald tritt eine in der Axe des Corpusculum orientirte Wand auf.

die Weiterbildung geschieht, vergl. Fig. 180 mit Fig. 178. Als eine weitere Nebenwirkung der Befruchtung, welche sich im frühen Entwicklungszustande geltend macht, muß der Umstand angesehen werden, daß das Prothallium Wurzelhaare bildet (Fig. 178 *Pr* am vorderen Rande), welche in die Unterlage einzudringen vermögen. In dem Maße, wie die junge im Endosperm eingeschlossene Keimpflanze sich weiter differenziert, führt ihre Primäraxe eine Drehung durch Wachstum aus, welche ihren bei *v*, Fig. 180 *g*, gelegenen Scheitel wieder nach dem Prothallium zu

kehrt. Diese Wendung ist in dem einen Keimling, welcher am Scheitel mit drei Zellenwarzen, Fig. 178, halb-schematisch verzeichnet ist, zur Hälfte bereits ausgeführt. Ein hervorragender Zug gegenüber den früher betrachteten heterosporen Gefäßkryptogamen ist somit bei Selaginella die Bildung des Vorkeims, die Ausbildung des Keimlings bis zur Anlegung aller Organe: der primären Blätter, der Axe und Wurzel, ohne daß das Prothallium wesentlich in Mitleidenschaft gezogen wird.

Das zweizellige Keimkügelchen, Fig. 180 *d*, theilt sich wiederholt und vergrößert sich dementsprechend. Ein mittlerer Zustand der Entwicklung der Keimanlage ist in der Fig.

Die Anlage ist jetzt zweizellig, *A* Fig. 182. Eine genau zu dieser senkrecht stehende Wand in jeder der zwei Zellen macht nach der Theilung der Kerne die Anlage vierzellig. Diese vier Zellen theilen sich durch Querwände ziemlich genau in gleichem Sinne, so daß 3—4 Etagen entstehen,

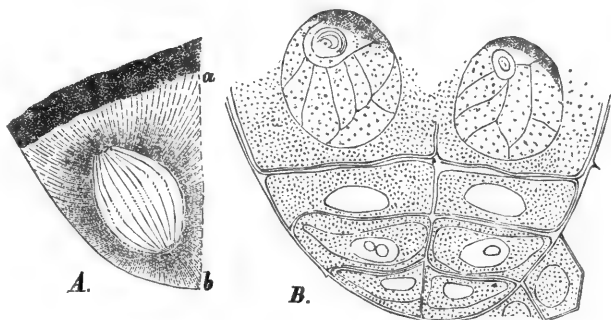


FIG. 182. Hinteres Ende des befruchteten Corpusculum, vergl. v. Fig. 179. *A* die eine der Vorkeimzellen in Theilung. Die beiden Kerne sind in der Gestalt einer Tonne durch mehrere Kernfäden verbunden. *B* Theilungszustand des Vorkeims zu einer Zeit, wo derselbe aus drei Etagen von Zellen besteht, in jeder Etage liegen vier Zellen, vergl. Fig. 183 *D* und *E*, wo diese gestreckt und isolirt sind.

Fig. 182 *B*, in jeder dieser Etagen liegen vier Zellen. Allmählig dringt dieser Zellencomplex mit der kegelförmigen Spitze in das Endosperm ein. Oft windet sich hierbei der Vorkeim im Spiral zusammen, ehe die Spitze den Durchbruch in das Gewebe des Endosperms erreicht. Diese Zustände sind schon von TH. HARTIG beobachtet worden. In dieser Phase ist es leicht, den ganzen Complex der Vorkeimfäden mit der Nadel an der Präparirlupe herauszuziehen und von den umgebenden Geweben zu isoliren.

Von nun ab wächst der Vorkeim so, daß er auf mehrere Millimeter weit in das Endosperm vordringt. Seine Bahn wird am besten in der Fig. 179 *I* untersucht. Sie

184 dargestellt. Auf eine der beiden Anfangszellen lassen sich mit einiger Sicherheit zurückführen die Scheitelzelle *t* des Stammes und ihre nächsten

liegt in der Verlängerung der Axe des Corpusculum nach dem oberen Theil des Endosperms *End.* Zwischen den beiden Corpusculis macht sich

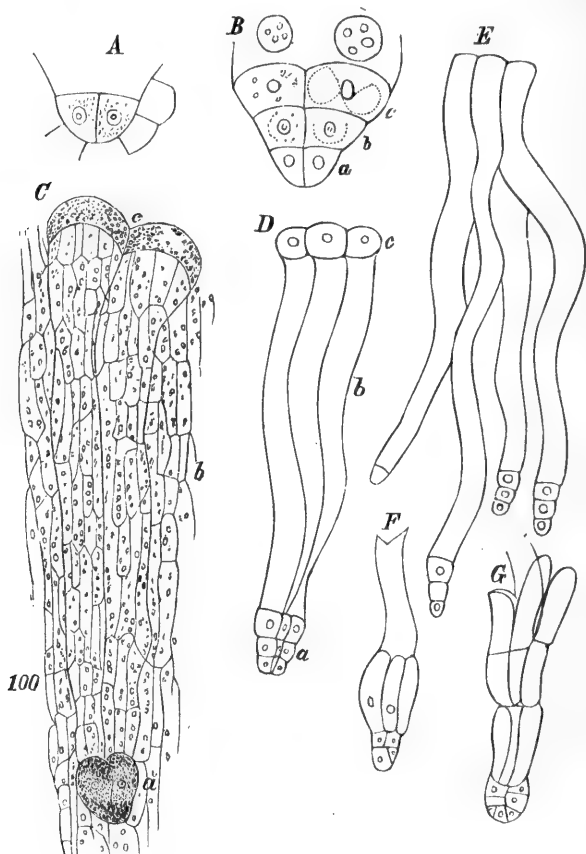


FIG. 183. *Pinus Strob.* Entwicklungsreihe des Vorkeims. *A* derselbe aus vier Zellen in einer Lage bestehend im Grunde des Corpusculum. *B* derselbe besteht aus zwölf Zellen, je vier in einer Etage. *C* derselbe in das Endosperm gewachsen, *c* die Zellenreihe, welche im Grunde des Corpusculum verbleibt, *b* die gestreckte, *a* die theilungsfähige. *D* die vier Vorkeimfäden aus *C* isolirt. *E* weiteres Stadium eines Fadens, die Keimanlage am Ende besteht aus drei Zellen. In *E* sieht man, daß die Streckung zu Elementen des Vorkeims sich über mehrere Zellengenerationen erstreckt. *F* und *G* spätere Zustände eines Vorkeimfadens.

Segmente und die Scheitelzelle *t'* eines der beiden ersten Blätter (vergl. Fig. 185), auf die andere der beiden Zellen aber der Scheitel *t''* des anderen Blattes. Aus diesem Theil entsteht auch die Wurzel, nach-

eine von diesen allmählig verschmälerte Zone von Zellen bemerklich, in welcher die Reservekörper Oel, Stärke und Eiweiß besonders reichlich abgelagert sind. In dieser Zone wachsen die beiden Vorkeimkegel der zwei

dem indeß alle weſentlichen Organe der Keimanlage differenzirt ſind, nämlich die beblätterte Axe und

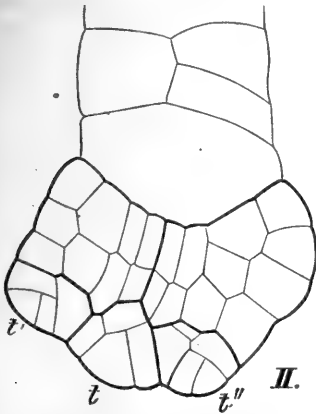


FIG. 184. Durchſchnittsſicht des Keimlings von Selaginella, ſpäterer Zuſtand nach f Fig. 180. In dem oberen Theil iſt eine kleine Parthie des Vorkeims dargeſtellt, die an dieſem entſtandene Keimanlage läßt ſich durch die ſtärker ausgezogenen Contouren noch auf die zwei erſten Zellen der Anlage zurückführen. *t* iſt die Scheitelzelle des Stammes, *t''* diejenigen der Blätter.

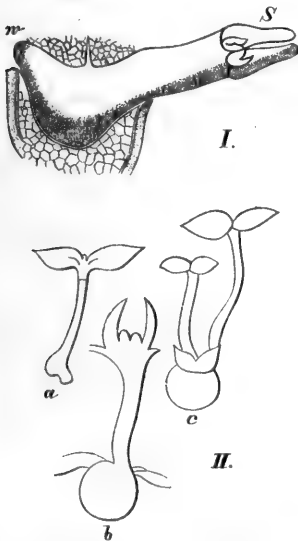


FIG. 185. Selaginella. I die Keimpflanze in Verbindung mit der Makroſpore, *w* die Wurzel, *s* der Stamm. II die ſpäteren Keimpflänzchen in Verbindung mit der Makroſpore, *a* noch unverzweigt, *b* die erſten Seitenzweige, *c* zwei Keimpflanzen aus einer Spore.

Corpuscula. Die obere Zellenetage *c* in Fig. 183 in *C D* bleibt im Pol des Corpusculum verwachſen, die mittlere ſtreckt ſich zu hyalinen Cylinderzellen, *b* Fig. 183 *C D*, welche das Gewebe des Endosperms auf ihrer Bahn reſorbiren. Die untere Etage von Zellen ſtreckt ſich nicht weſentlich, bildet aber durch zwei Theilungen die dreizellige Anlage des Keimlings, Fig. 183 *E*.

Picea.

Bei den Gattungen Abies, Pinus, Tsuga, Larix und Cedrus iſt die Weiterentwicklung die gleiche. In jenem Strang von nährſtoffreichem Gewebe des Endosperms vereinigen ſich die Keimanlagen von zwei Corpusculis. In einigen Fällen wickelt ſich der Vorkeim ſpiralig auf, ohne merkliche Fortſchritte nach dem Endosperm zu machen, und erfüllt oft den größeren Theil des Corpusculum. In anderen Fällen, Fig. 183 *C*, dringt der Vorkeim raſch und gradlinig in dem Endosperm vor. Wie dem auch ſei, die endliche Weiterentwicklung iſt die gleiche. Die vier Vorkeimzellen trennen ſich, Fig. 183 *E*, und jeder Cylinderfaden wächst nach eigenem Trieb in das Endospermgewebe. Acht ſolcher machen ſich gegenſeitig den Raum ſtreitig. Im Auguſt findet man nur einen einzigen ſiegreichen Keim, die übrigen ſieben ſind bereits reſorbirt oder doch gegenüber dem einzigen ſiegreichen verkümmert. Die Weiterentwicklung derſelben führt zunächſt zur Bildung des Keimkügelchens aus der unteren der drei

der Fuß, welcher in der Makrospore wurzelt.

Die junge Keimpflanze bleibt mit der primären Axe im Endosperm

Zellen, Fig. 183 E, die beiden oberen theilen sich durch Längswände in 3—5 Zellen, welche mächtig heranwachsen und eine ähnliche Textur

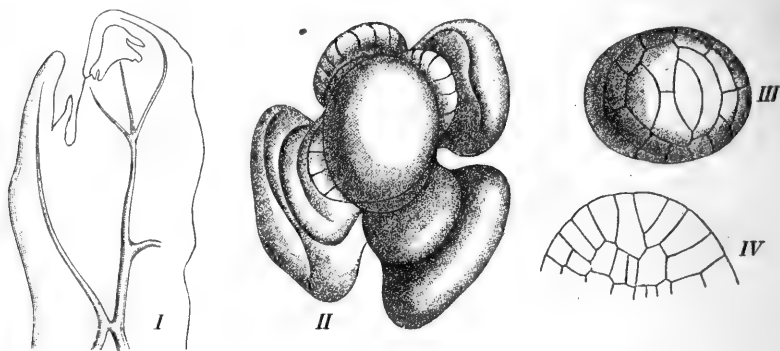


FIG. 186. *Selaginella inaequalifolia*. I ein Wurzelträger, welcher zu einem Stamm umgebildet ist, mit dem Strangverlauf im axilen Durchschnitt, die rechte Seite ist die Oberseite. II Scheitelansicht einer Zweignospe, die Blätter sind nach einer Seite stärker gefördert als nach der entgegengesetzten. III und IV die Scheitelzellengruppe eines Zweiges, welcher eben zwei Gabeläste bildet. In III, der Scheitelansicht, erkennt man zwei zweifelhafte Scheitelzellen, an der rechten das jüngste Segment. In IV ist dieselbe Gruppe im Längsschnitt dargestellt (nach PREFFER).

verwachsen, die Wurzel durchbricht das Prothallium, die secundäre Axe ebenfalls. Diese entwickelt zunächst die beiden Keimblätter und aus den Axillarknospen im weiteren Verlauf die Seitenzweige, Fig. 186, als Dichotomien nach früher geschilderten Wachstumsnormen. Der wesentliche Unterschied in dem Verlauf der Keimung besteht somit darin, daß die Evolution der Eizelle und die Keimung im gewöhnlichen Sinne in dieselbe zusammenfallen und sich außerhalb der Mutterpflanzen vollziehen, während bei den höheren Verwandten der erstere Vorgang sich an dem Zweig der beblätterten Mutterpflanze abspielt, bis zur Bildung der Keimpflanze. Ausfaat und Keimung erfolgen bei den Gymnospermen, nachdem der Same ausgefloren ist.

erhalten wie der Vorkeimfaden. In F und G, Fig. 183, sind zwei Zustände der Keimkugel mit dem anhaftenden Vorkeim dargestellt. Aus dem Keimkügelchen entwickelt sich die Keimaxe, welche am vorderen Ende die 5—10 Keimblätter als sphärische Zellenwarzen anlegt, am entgegengesetzten Ende geht sie in die Pfahlwurzel über. Zur Zeit der Samenreife liegt der Keimling in dem Rest des Endosperms eingeschlossen, der größte Theil desselben ist in dem Keimling reforbirt. Das Integument erhärtet und schließt den Rest des Eikerns, des Endosperms und den Keimling ein. Dieß ist der Same, welcher noch in demselben Herbst bei *Abies*, oder im nächsten Frühling bei *Picea* zur Ausfaat gelangt. Als Monstrosität findet man bei der

Hinsichtlich der Stellung entspricht das Sporangium in der Blattachsel der Selaginella dem Axillarsproß bei Pinus, aus welchem die Ovula hervorgehen. Weißtanne häufig, daß der Keimling die verkehrte Lage zeigt, so daß die Wurzel der Mikropyle zu-, die Keimknospe derselben abgewendet ist.

Wir erhalten aus vorstehender vergleichender Entwicklungsgegeschichte diese Analogieen zwischen Selaginella und Pinus (man vergl. die Tabelle S. 46):

1^o das Mikrosporangium von Selaginella entspricht der Anthere von Pinus;

2^o die Mikrospore entspricht der Pollenzelle;

3^o das Gewebe der Spermatozoidenmutterzellen entspricht den Zellerudimenten im Pollen, Fig. 176;

4^o das Spermatozoid, welches die Keimkraft überträgt, Fig. 176, entspricht dem Zellkern, Fig. 176 n;

5^o der Plasmakörper der Makrospore entspricht dem Plasmakörper des Embryofackes, Fig. 179;

6^o das Prothallium entspricht dem Endosperm, Fig. 179 III;

7^o das Archegonium entspricht dem Corpusculum;

8^o die Canalzelle, Fig. 177, entspricht der Canalzelle, Fig. 179 II b;

9^o die Keimkugel, Fig. 177, entspricht der Keimkugel, Fig. 179 v und Fig. 182;

10^o die zweizellige Keimanlage, Fig. 177, entspricht derselben in Fig. 179 v;

11^o der gegliederte Vorkeim, Fig. 180, entspricht dem aus vier Zellenketten bestehenden, Fig. 183;

12^o bei Selaginella wird nur ein Keimling angelegt; bei Pinus werden aus den vier Vorkeimen vier Keimlinge angelegt, in der Regel nur einer ausgebildet;

13^o in einem Prothallium von Selaginella können gelegentlich aus mehreren Archegonien ebensoviel Keimlinge hervorgehen. Aus zwei Archegonien von Pinus gehen acht Keimanlagen hervor, von denen in der Regel nur eine vollständig entwickelt wird.

Im Gegensatz zu der Anschauung HOFMEISTER's faßt STRASBURGER den ganzen Inhalt des Corpusculum als das Ei (die Eizelle) auf. In dieser Zelle befindet sich ein primärer Zellkern, mit welchem nach der vorstehenden Entwicklungsgegeschichte der Zellkern des befruchtenden Pollenschlauches copulirt.

Das Protoplasma der Eizelle zerfällt in zahlreiche Tochterzellchen, Fig. 187. Bei der Entwicklung dieser wurde beobachtet, daß nach der Befruchtung der primäre Kern zergeht. Das Protoplasma ist am Scheitel nach der Canalzelle zu schaumig blasig. Unterhalb dieser Zone verdichten sich (in der Figur sind drei solcher Stellen zu bemerken) kleinere Plasmapar-

thien¹⁾. «Um jede dieser dichteren Stellen ist, gleichzeitig mit ihrem Sichtbarwerden, eine ihren Durchmesser um das Vielfache überschreitende, concentrische, hellere Zone zu bemerken.

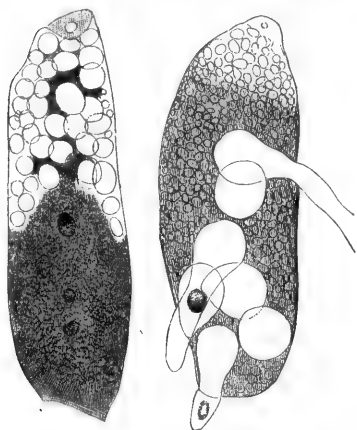


FIG. 187. Die erste Figur ist der Inhalt des Corpusculum von *Ephedra altissima* (Gnetaceen), er stellt das Ei dar, am Scheitel erkennt man die Canalzelle mit deutlichem Zellkern. Der protoplasmatische Inhalt ist am Scheitel schaumig, mehrere Zellchen, welche durch freie Zellbildung entstanden sind, reihenweise geordnet. In der zweiten Figur haben diese Tochterzellen eine feste Membran erhalten, sie sind zum Theil durch die Wandung des Corpusculum als Schläuche ausgewachsen.

Diese Zone nimmt an Größe zu im Verhältniß der Größenzunahme des inneren Kernes. Dieser, zunächst solid, beginnt sich nunmehr auszuhöhlen und ein Theil feines Inhaltes sich als Kernhülle zu differenziren, während ein anderer sich im Innern der Höhlung zu einem größeren, felten zu mehreren kleineren, stark lichtbrechenden Kernkörperchen zusammenballt. Inzwischen ist die helle Zone um die Kernanlage immer mehr gewachsen, und es läßt sich meist in derselben eine Sonderung verfolgen, so zwar, daß diese Zone um die Kernanlage dichter, in gewisser Entfernung aber weniger dicht wird, Fig. 188 A.

Wie zuvor so muß man auch jetzt außerdem bemerken, daß die Körnchen in der Zone eine deutliche, zu der Kernanlage radiale Anordnung zeigen. Schon jüngste Kernanlagen erscheinen wie von Strahlen umgeben. Erst auf einer gewissen Entwicklungsstufe wird

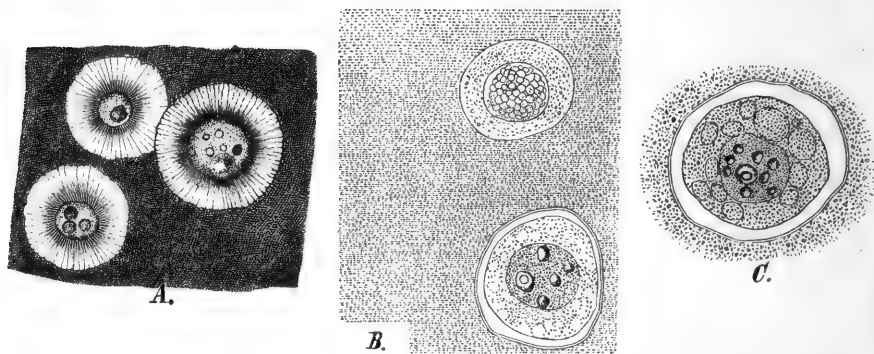


FIG. 188. *Ephedra altissima* nach STRASBURGER. Theilungsvorgänge im Ei (Corpusculum). A freie Zelle im Protoplasma. B späterer Zustand, die untere Zelle bereits mit Zellhaut. C eine einzelne frei entstandene Zelle.

die Abgrenzung der den Kern umgebenden Zellanlage nach außen deutlich sichtbar. Die Zellanlage ist von einer Hautschicht gebildet, um welche herum

¹⁾ STRASBURGER, Ueber Zellbildung. Jena. Dabis. 1875.

alsbald dunklere Punkte ihre beginnende Trennung von dem umgebenden Plasma des Eis andeuten, Fig. 188 A. In der Trennungsfläche wird nun gleichzeitig die zarte, im Beginne plastische Cellulosewand, Fig. 188 B, abgechieden.» Von jetzt ab bewirkt der Einfluß wasserentziehender Mittel, z. B. Alkohol, daß die junge Zelle sich merklich zusammenzieht, Fig. 188 C.

§ 27. Uebergangreich von den Gefäßkryptogamen nach den Phanerogamen¹⁾ (Coniferae, Gnetaceae und Cycadeae, Gymnospermae, R. Brown).

Mit der vorstehenden vergleichenden Entwicklung ist dargethan, daß zwischen den höheren sogenannten Blüthenpflanzen, Phanerogamen, und den höheren Kryptogamen ein genetischer Anschluß besteht, wenn schon in der Wuchsform und der feineren anatomischen Gliederung eine geringe Aehnlichkeit vorhanden ist.

Schwieriger ist die Discussion über die Berechtigung, alle höheren Pflanzen vom Standpunkt der Entwicklungslehre in die zwei Hauptgruppen
 «Gymnospermae, nacktfamige»,
 «Angiospermae, bedecktfamige»

¹⁾ In diesen Verwandtschaftskreis sind zusammengestellt unsere sämtlichen Nadelhölzer mit den Gnetaceen und Cycadeen. Die neueren Systematiker bilden drei Ordines mit mehreren Unterordnungen, Tribus und Familien, nach STRASBURGER:

I. Ordo: Coniferae.

1. Subordo: Taxaceen.

1. Tribus: Taxeen. Taxus, TURNET; Torreya, ARNOTT; Cephalotaxus, SIEB. et ZUCC.; Ginkgo, KÄMPF.

2. Tribus: Podocarpeen. Podocarpus, HERIT.; Pherosphaera, ASCH.; Dacridium, SOL.; Phyllocladus, RICH.

2. Subordo: Araucariaceae.

1. Tribus: Araucarieae. Cunninghamia, R. BR.; Dammara, RUMPH.; Araucaria, JUSS.

2. Trib. Cupressineae. Juniperus, L.; Thuja, L.; Biota, DON.; Thuyopsis, SIEB. et ZUCC.; Callitris, VENT.; Libocedrus, ENDL.; Actinostrobus, MIQ.; Cupressus, TOURN.; Chamæcyparis, SPACH.

3. Tribus: Taxodiaceae. Cryptomeria, DON.; Glyptostrobus, ENDL.; Taxodium, RICH.

4. Tribus: Sequojeae. Sequoia, ENDL.; Arthrotaxis, DON.

5. Tribus: Sciadopiteae. Sciadopitys, SIEB. et ZUCC.

6. Tribus: Abietineae. Pinus, L.; Larix, LK.; Pseudolarix, GORD.; Cedrus, LK.; Picea, LK.; Abies, LK.; Tsuga, ENDL.

II. Ordo: Gnetaceae. Ephedra, TOURNET; Welwitschia, HOOK fil.; Gnetum, L.

III. Ordo: Cycadeae. Cycas; Zamia; Makrozamia; Ceratozamia; Stangeria.

einzutheilen. Es wird sich im Verlauf der Abhandlung, namentlich bei der Betrachtung des Ueberganges von den Gymnospermen nach den Angiospermen zeigen, daß die Eintheilung in dem genannten Sinne nicht haltbar ist. Die allgemeinen Züge der morphotischen Erhebung der Gymnospermae gegenüber den Kryptogamen liegen begründet:

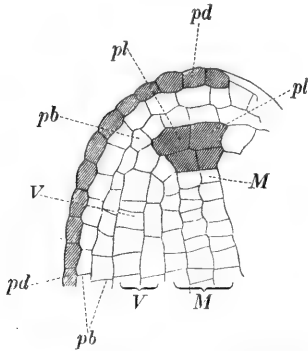


FIG. 189. *Araucaria brasiliensis*. Längsschnitt des Vegetationskegels. *pd* Protoderm, *pb* Periblema, *pl* Plerom, *V* Verdickungsring, *M* Mark. Zur besseren Uebersicht wurden die Zellen des Protodermas und des Pleroms schraffirt. (STRASBURGER, Coniferen und Gnetaceen.)

1^o in der Befestigung des vegetativen Systems durch die Gefäßbündel und das Auftreten des Cambiumrings, welcher den Stamm dauernd verdickt;

2^o in der größeren Formentfaltung des ganzen Systems, der größte Theil der Formen ist baumartig und reich gegliedert durch die Entwicklung der Axillarsprosse;

3^o in der anatomischen Erhebung des Blattes und in der gestaltlichen Anpassungsfähigkeit desselben. Wir unterscheiden die Regionen der Keim-, Nieder-, Laub-, Hoch- und Fruchtblätter;

4^o in dem deutlichen Knospenschluß, welcher durch metamorphe Laubblätter, die Knospenschuppen, vollzogen wird;

5^o in dem geschichteten Vegetationspunkt, in welchem die Hautgewebe den Scheitel bedecken. Die Segmentirung ist nicht mehr auf die geometrisch streng umschriebenen Scheitelzellen (vergl. Fig. 161, S. 292) zurückführbar.

A. Gliederung des Vegetationspunktes.

(Zu vergl. mit Fig. 111, 112, 120 und dem zugehörigen Text).

Der Vegetationspunkt der Stämme ist ein vielzelliger Hügel, Fig. 189, an welchem sich nach den neueren Untersuchungen J. v. HANSTEIN's und STRASBURGER's die Urmutterzellen der Hautgewebe, das Protoderm, im Zusammenhang mit den Hautgeweben der Seitenorgane über den Scheitel hinziehen, *pd*. Unter diesem liegt das Periblema, welches die Anfangszellen der peripheren Gewebe darstellt. Das Zuwachsgewebe für den Längenwuchs, Pleroma, liegt unter dem Scheitel eingeschlossen, *pl*. Das Pleroma vermehrt zunächst das Grundgewebe des Markes; aus den späteren Zellengenerationen gehen aber auch, wie die Figur veranschaulicht, die Initialen des Verdickungsringes und der Seitenorgane hervor.

Aus dem Pleroma gliedern sich die Axillarsprosse und Blätter. An dem Axillarsproß tritt wieder ein gegliederter Vegetationspunkt *v* auf. Hinsichtlich der Gliederung zeigt sich bei den Gymnospermen eine größere Complication als bei den Gefäßkryptogamen und Laubbäumen (Angiospermen).

X. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (ohne Knospenschluss, Thuja).

Eine niedere Stufe der Anpassung und der Gliederung, combinirt mit dem complicirteren und reicherem Bau der Sexualorgane, findet sich bei den wirteligen Thujen und Biota.

II Wirtelbl.

III Kielbl. *a* *I* Kielbl. *a'* *V* *a* Kielbl. *a* *III* Kielbl.

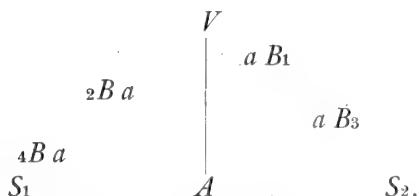
II Wirtelbl.

In dem Schema sind drei Wirtel verzeichnet, welche decussirt stehen und zweigliedrig sind. Ein Blattpaar, mit welchem von außen begonnen wurde, *III*, enthält gekielte Blätter, welche den Zweig reitend umfassen. Der dritte Wirtel *I* ist ebenso gestaltet, der dazwischen liegende *II* aber hat flache Blätter. Die Ausbildung der Axillarsprosse ist auf die Kielblätter beschränkt. Ein Knospenschluss durch die metamorphen Laubblätter fehlt. Das System verzweigt sich nur in einer zu *III* senkrecht stehenden Ebene durch die Axillarsprosse *a*. Es ist bilateral-symmetrisch.

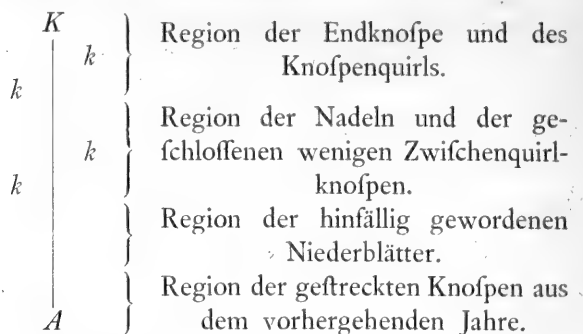
Sehen wir von den Gnetaceen und Cycadeen ab, so erhalten wir für die Araucarien, Taxaceen und Abietineen die nachfolgenden, stufenweise sich steigenden Sproßsysteme und Blattregionen. Die einfachere Anordnung kann bei den Gattungen *Abies* und *Picea* studirt werden.

XI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen. (Anschluss an das Baumsystem der *Picea* und *Abies*).

Picea und *Abies*.



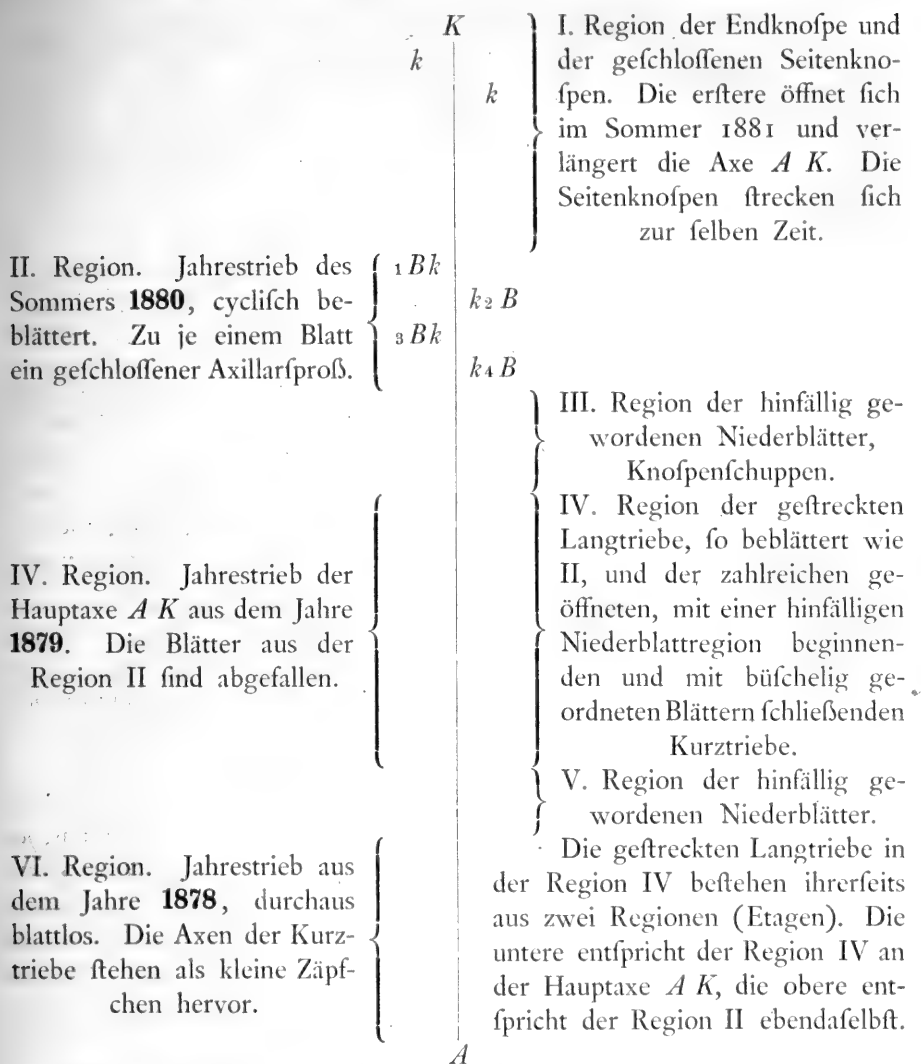
An dem Vegetationspunkt *V* entstehen in cyclischer Folge an der Axenrichtung *A V* von unten nach oben die Blätter, Nadeln, *B₄*, *B₃* u. f. f. Zu jedem Blatte gehört eine Axillarsproßanlage. Das ganze System ist von einem Convolut von Niederblättern, *S₁*, *S₂*, oder Knospenschuppen eingehüllt. Denken wir uns nun nach dem Winterzustand die Knospe geöffnet, so fallen die Niederblätter *S₁*, *S₂* u. f. f. hinweg. Die Interfolien strecken, die Blätter entfalten sich. Aber nur ein kleiner Theil der Axillarsprosse wird wirklich zur definitiven Ausbildung weitergebildet. Möge der Sproß gestreckt und die Endknospe und Seitenknospe wieder geschlossen sein, etwa im Juli des nächsten, auf den Knospenzustand des obigen Schemas folgenden Sommers, so erhalten wir diese Regionen:



Die obersten Seitenknospen schließen sich im laufenden Sommer der Entwicklung, $K k k$, sie stehen cyclisch, aber genähert. Sie öffnen und strecken sich im nächsten Jahre und stellen die für die Abietineen charakteristischen Aftquirl her, zwischen welchen nur wenige Zwischenquirläste schwächer und kümmerlicher entwickelt werden. Die Nadeln dauern mit Ausnahme der Lärche 1—10 Jahre lang (je nach den Standorts- und Ernährungsverhältnissen).

XII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (*Larix*).

Bei der Lärche als der zweiten und charakteristischen Sproßform fallen die Nadeln im Herbst des ersten Jahres. Die Organfolge ist in allen Theilen eine cyclisch akropetale, die Aftquirlstellung nicht so scharf ausgeprägt wie im neunten und dem nächsten Typus der Pinusarten. Der Winterzustand ist für die Hauptknospe, von welcher wir das Baumsystem herleiten, derselbe wie im Schema für *Abies* und *Picea*. Lassen wir das System durch drei Jahre wachsen und untersuchen die drei Etagen unter der natürlichen Voraussetzung, daß ein Bruch der Zweige und eine Beschädigung der Knospen nicht erfolgt sei, so erhalten wir, wenn das System im Sommer nach dem Schluß der Knospen im Jahre 1880 vor uns liegt, das nachfolgende Schema. In diesem bedeuten K die Hauptknospe, k die Seitenknospen, B die Blätter, die Richtung AK ist die Axe des Stammes. Um diese Schemata zu verstehen, wird der Interessent gut thun, Zweigsysteme abzuschneiden und an ihnen die Blätter und Knospen zu notiren. Die Lärche ist noch in einer anderen Hinsicht, welche sich an das nachfolgende Schema anknüpfen läßt, lehrreich. Die Axillarsprosse, welche Kurztriebe mit zahlreichen Blättern bilden, entstehen nicht in jedem Blattwinkel, sondern nur an bestimmten durch gesetzmäßige Parastichenintervalle getrennten Blättern. Dieß ist für den Uebergang des Jahrestriebes von dem ersten nach dem zweiten Jahre zu beachten.



A

Der Axillarsproß hat somit bei Lärche und Cedrus, welcher sich ebenfalls diesem Schema in den Hauptzügen unterordnet, zweierlei Functionen:

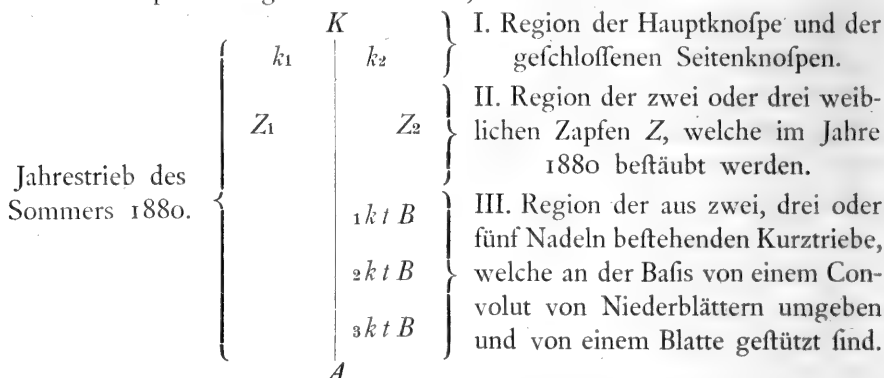
- 1° die Function, neue Auszweigungen zu bilden;
- 2° beblätterte einjährige Kurztriebe zu bilden und somit die Beblätterung an einer und derselben Zweigregion zweijährig zu machen.

Dieß entspricht gegenüber den immergrünen Verwandten einer Compensation in der Verwerthung der Organe. Bei *Picea*, *Abies*, *Tsuga* dauert die Nadel länger, aber nur ein kleiner Theil der Axillarsprosse wird überhaupt über die bloß mikroskopische Anlegung gefördert. *Larix* verliert die Blätter alljährlich, bildet

aber dafür fast alle Axillarsprosse aus. *Cedrus* vereinigt beide Functionen und Vortheile.

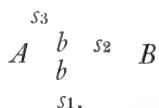
XIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (*Pinus*).

Die Axillarsprosse der Kiefern eilen gegenüber dem vorhergehenden Typus um ein volles Jahr voraus und vereinigen in einem Jahre beide Blattregionen. Die Evolution der Knospe ist hier die complicirteste, welche überhaupt im ganzen Pflanzenreich vorkommen mag. Die Anpassung an die climatische Periode ist die vollkommenste. Betrachten wir einen fructificirenden Jahrestrieb der Kiefer im laufenden Sommer und im Zeitpunkt, wo die Knospen sich geschlossen haben, so finden wir:



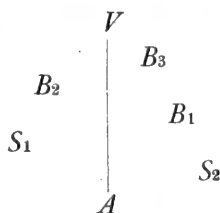
Hier sind also gewisse und zwar die unteren Axillarsprosse kt vorgeeilt, ferner haben sich 2—3 solcher, nämlich Z_1 , Z_2 , in cyclisch beblätterte Zapfen umgebildet, und endlich sind einige vegetative Knospen, k_1 , k_2 , in Niederblatt-Convolute eingehüllt und ruhen mit der Hauptknospe, um im nächsten Jahre den Zweigquirl zu bilden. Die mannigfache Vertheilung der Functionen wird aber noch anschaulicher, wenn man zunächst den Kurztrieb, die Entwicklung von K , der Hauptknospe, und diejenigen drei Etagen des Baumsystems vergleichend untersucht, welche drei auf einander folgenden Jahrgängen entsprechen.

Denken wir uns den Stamm senkrecht zur Richtung KA im Obigen so durchschnitten, daß ein Kurztrieb mit dem zugehörigen Blatte B getroffen wird, so ist das Diagramm durch dieses Schema dargestellt, wenn A den Querschnitt der Axe $s_1 s_2 \dots$, die Niederblätter $b b$ die Nadeln bedeuten:



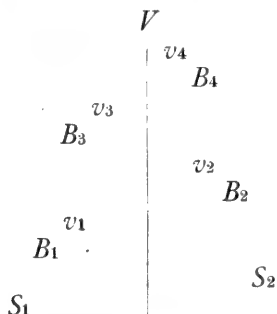
Nach allen Seiten von A sitzen zahlreiche Systeme dieser Art um die Axe in cyclischer Folge vertheilt. Das Blatt B kann je nach den Arten als deutliche Nadel oder als Schuppe ausgebildet sein. Denken wir uns

nun die Evolution der Knospe, wenn sie sich soeben nach Entfaltung des letzten Jahrestriebes mit Niederblättern schließt, vorschreiten, so erhalten wir, wenn V den Vegetationspunkt, v den Vegetationspunkt der Axillarsprosse, S die Niederblätter des Haupttriebes, $s_1 s_2$ die Niederblätter der Kurztriebe bedeuten:

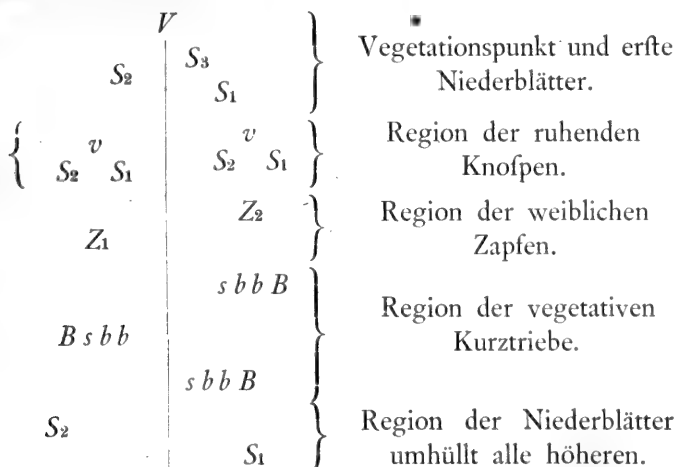


als jüngste Configuration der aufeinander folgenden Organe.

Wenig später, aber immer noch im laufenden Sommer, wird diese Anordnung herrschen:



Nun schreitet die Anlegung der Laubblätter und Axillarsprosse fort durch den Herbst, Winter mit gelegentlicher Ruhe bis zum Frühling. Kurz vor Knospenaufbruch ist sie in so complicirter Weise zusammengesetzt wie dieses Schema veranschaulicht:



Alle Theile entfalten sich, mit Ausnahme der beiden obersten Regionen (vergl. das Schema S. 334 oben).

Man kann nun leicht ein dreijähriges Zweigsystem untersuchen und an jeder Etage, welche einem Jahre entspricht, die zugehörigen weiblichen Zapfen auffinden. Denken wir das System im Juni 1880 abge schnitten, so finden wir diese Anordnung, welche mit der Tabelle über die Samenreife der Kiefer zu vergleichen ist:

XIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Pinus).

	<i>K</i>	I. Region der geschlossenen Endknospe und der Quirlknospen, welche sich im Sommer 1881 öffnen.
	<i>k</i>	
Oberste Etage der Zapfen.		
II. Region der jüngsten Zapfen, welche im Frühling des laufenden Jahres 1880 bestäubt werden, in der Spätsommer-Herbstperiode 1879 angelegt wurden.		
		III. Region der zwei-, drei- oder fünf-nadeligen, bescheideten Kurztriebe, mit dem nadel- oder schuppenförmigen Hauptblatt.
		IV. Region der Knospschuppen für den darüber stehenden Trieb.
		V. Region. Die Seitentriebe verhalten sich genau wie die Regionen II und III.
Mittlere Etage der Zapfen.		
VI. Region der in der Sommer-Herbstperiode 1878 angelegten Zapfen, im Frühling 1879 bestäubt, in diesem Frühling befruchtet, erreicht in diesem Sommer den größten Zuwachs; ihre leitenden Gewebe stehen nach der groben Anatomie, Bd. I, S. 328, mit denjenigen der Region VII in nächster Verbindung.		
		VII. Region der Kurztriebe im Jahre 1879 entwickelt, wie die Region III beschaffen.
		VIII. Region der Knospschuppen für den darüber stehenden Theil.
		IX. Region. Die Quirltriebe bestehen jetzt aus zwei Etagen, die untere verhält sich wie I, III und V zusammengenommen, die obere wie I und III ebenso.
Untere Etage der Zapfen.		
X. Region der Zapfen, welche jetzt im Sommer 1880 sich öffnen und die reifen Samen entlassen. Sie sind in der Sommer-Herbstperiode 1877 angelegt, wurden im Frühling 1878 bestäubt. Sie stehen mit ihren leitenden Geweben mit der nächst tieferen Region der Kurztriebe in Verbindung.		

Die Evolution, welche bei der Lärche und Cedrus auf zwei Jahre vertheilt war, ist somit bei der Kiefer für die vegetativen Organe auf ein Jahr zusammengezogen, dafür aber ist der Cyclus der generativen, sexuellen Evolution auf zwei Jahre und mehrere Monate ausgezogen. Die Kiefern bilden somit das beste Beispiel der Compensation. Denken wir uns im Jahre 1880, im Mai bis Juni, zur Zeit wo bei uns die reifen Zapfen sich öffnen und die geflügelten Samen entlassen, einen Zweig bis zur dritten Etage von oben abgeknitten, so erhalten wir dieses Schema:

	Letzter Jahrgang. Obere Etage.	Zweiter Jahrgang. Mittlere Etage.	Erster Jahrgang. Untere Etage.
I. Zeit der Anlegung des Zapfens in der Knospe:	Herbst 1879 bis Winter.	Herbst 1878.	Herbst 1877.
II. Zeit der Bestäubung; der primäre Embryosack ist angelegt:	Frühling 1880, Mai bis Juni, je nach der geograph. Breite.	Frühling 1879.	Frühling 1878.
III. Zeit der sexuellen Befruchtung durch den Pollenschlauch:	Frühling 1881, Mai bis Ende Juni, je nach der geograph. Breite.	Frühling 1880.	Frühling 1879.
IV. Der Keimling ist in seinen wesentlichen Theilen ausgebildet, Samenreife:	Sommer 1881, August bis September, je nach der geograph. Breite.	Sommer 1880.	Sommer 1879.
V. Zeit des Auffspringens des Zapfens im natürlichen Verlauf, Ausfaat:	Frühling bis Sommer 1882.	Frühling bis Sommer 1881.	Frühling bis Sommer 1880.

Der Same fliegt mit Hilfe eines Flügels bei den Abietineen und einem Theil der Juniperineen und Araucarien aus. Die Keimung auf der Erde verläuft bei fast allen identisch. Die Keimwurzel durchbricht, von innen nach außen gerechnet, die Reste des Endosperms und des Eikerns und das Integument. Diese bleiben als Hülle eine Zeit lang über den Blättern geschlossen, bis sie endlich mit der vollen Entfaltung der Keimblätter hinfällig werden. Die Entwicklung ist bedeutend gehemmt, wenn, wie ausnahmsweise bei der Weißtanne, der Keimling in die umgekehrte Lage geräth, so daß die Blattknospe nach der Mikropyle gekehrt ist.

B. Zur Frage über die Gymnospermie.

Zu einer Verständigung über die Bedeutung des Eintheilungsprincipes, wonach zwischen Angiospermen und Gymnospermen unterschieden wird,

kann ein exacter Weg der Vergleichung über beide von den Sytematikern aufgestellte Gruppen eingeschlagen werden. Was die fertige Form des Sprosses angeht, welcher das Ovulum, der Eifproß, die Samenknospe genannt wurde, so kann über die Identität dieses bei den Coniferen, Cyca-

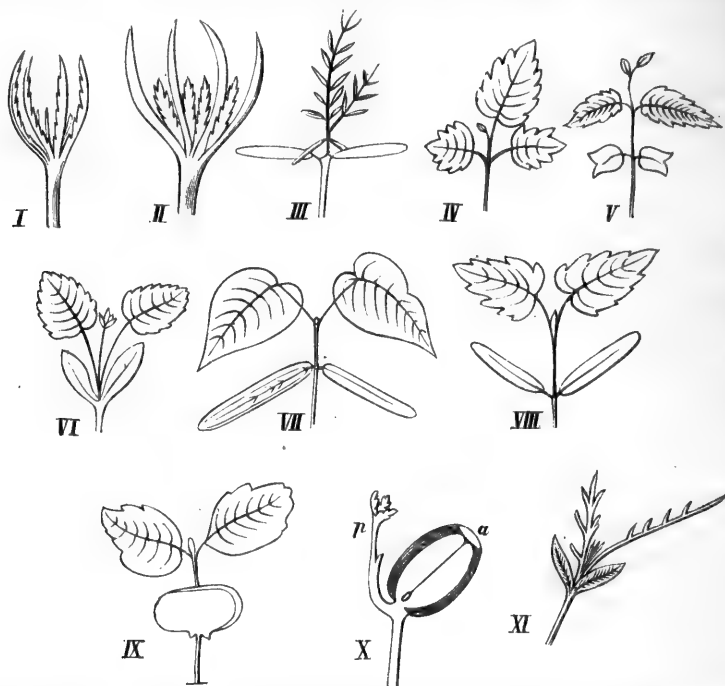


FIG. 190. Keimpflanzen einiger Coniferen und Dicotyledonen. An allen ist die Wurzel und ein Theil des hypocotylen Gliedes weggelassen. I Fichte, *Picea*. II Kiefer, *Pinus silvestris*. Bei ersterer sind die Cotyledonen gezahnt, bei letzterer sind dieselben ganzrandig, die ersten Laubblätter (Primordialblätter) dagegen gezahnt. III Coriandrum. IV *Tilia europæa*. V *Celtis orientalis*. VI *Fraxinus excelsior*. VII *Acer platanoides*. VIII *Acer Pseudoplatanus*. IX *Fagus silvatica*. X *Quercus Robur*. XI *Petroselinum*. Bei *Quercus* bleiben die Cotyledonen in der Frucht eingeschlossen, das hypocotyle Glied ist auf ein Minimum verkürzt, a ist die Stelle, wo die Frucht mit der Copula verwachsen war.

deen, Gnetaceen, Lorantheaceen (*Viscum*), Santalaceen (*Thesium*), Primulaceen (*Primula*) und den unzweideutigen polycarpen Eifprossen mindestens als Träger und Entwickler der Sexualzellen keine Meinungsdivergenz herrschen. Anders liegt die Sache, wenn man die Bedeutung der im Eifproß differenzirten Organe, den Eikern und die Integumente in Vergleich zieht mit den vegetativen Organen und die Herkunft des Eifprosses von diesen betrachtet. Absichtlich wurden die oben genannten Familien und Gattungen in dieser Hinsicht in die Discussion hereingezogen, weil in ihnen die größte überhaupt mögliche Divergenz herrscht.

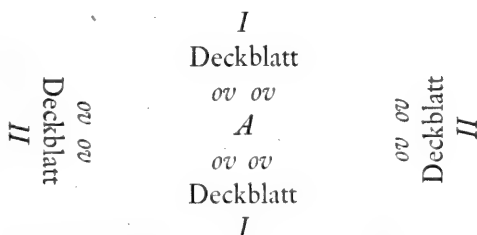
Da die Morphologie seit GÖTTE und TREVIRANUS nun einmal den Weg eingeschlagen hat, alle Organe auf die drei Elementorgane, Stamm, Blatt und Anhangsgebilde, Haar, zurückzuführen, lag es nahe für den Ei-

sproß zu fragen: welchem der drei Organe entspricht der ganze Eifproß? welchem Organ entspricht der Eikern? welchem Organ entspricht das Integument?

Wir sehen die vielzellige Warze des Eikerns mit STRASBURGER als einen metamorphen Zweigsproß an. Ferner sehen wir das Integument des Coniferenovulum als daselbe Gebilde an wie das Integument des Angiospermeneisproßes. Es erscheint alsdann in der That der Eifproß als das letzte und oberste Axengebilde mit zusammengezogener Blattregion, und alle übrigen Gebilde erscheinen als vorbereitende Hilfsorgane oder als Nebenorgane. Gehen wir nun die Formenreihen in ihren wesentlichen Zügen durch:

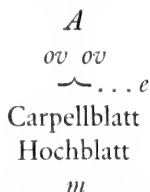
I. Formenstufe. Taxus. Der Eikern ist unzweideutig aus einem Axillarsproß in der Nähe des Vegetationspunktes des Haupttriebes hervorgegangen, ist also ein Zweig. Derselbe ist gradläufig, wird kurz nach der Anlegung von dem Integument umhüllt. Später entsteht eine zweite, faßtige, am Scheitel nicht zusammenschließende Hülle, das Fruchtblatt (der Arillus der älteren Autoren). Taxus ist also eine angiosperme Pflanze.

II. Formenstufe können wir bei Thuja suchen, hier stehen die Zapfenschuppen:

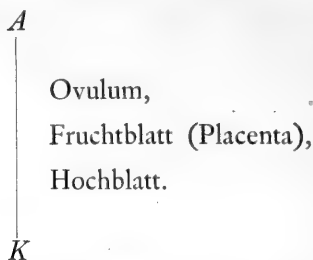


in Wirteln, in der Achsel jeder Schuppe eine Reihe von Ovulis. Diese sind Axillarsprosse, welche mit Ausnahme des später geflügelten Integumentes nicht in ein gefondertes Fruchtblatt eingehüllt sind. Nach BAILLON entspricht die Gruppe von Ovulis in der Achsel je einer Schuppe, einem Blütenstande, welcher sich von dem Scheitel nach der Basis hin verjüngt (centrifugaler oder cymöser Blütenstand s. weiter unten).

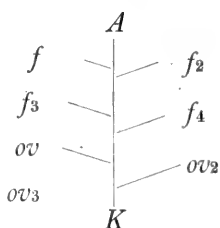
III. Die Abietineen stellen die dritte Stufe dar:



und wenn wir diese im Längsschnitt durch m A betrachten, wo A K die Zapfenspindel darstellt:



IV. Die Cycadeen stellen bei denjenigen Arten, welche ihre Eifprosse aus metamorphen Blattzipfeln ausbilden, die erste Uebergangsstufe dar. Wenn $A K$ die Axe des gefiederten Blattes, ov die Eifprosse, $f f_2$ die vegetativen Blattfieder bedeuten:



so gehen die Blattfieder in Eifieder über.

Hier bei *Cycas* ist eine andere Deutung kaum denkbar und es bleibt daselbe, ob man die Zapfen der übrigen Coniferen als Einzelblüthe oder als Blütenstand, als Complex von Einzelblüthen auffaßt: ein ursprünglich vegetativer Blattfieder ist in einen Samensproß umgewandelt, welcher aus einem Axentheile, dem Eikern, und einer Blatthülle, dem Integument, besteht.

Indem wir uns nun zu denjenigen Formenkreisen wenden, welche die Coniferen mit den Blütenpflanzen verbinden, beachten wir, daß die am Vegetationspunkt entstehenden Blattorgane mehr oder weniger mit der Zweigaxe verschmelzen können. Während der Entfaltung der Blüthe aus dem mikroskopisch kleinen Raum modelt sich das Gebilde, so daß vorher gesonderte Theile mit andern mehr oder weniger verwachsen erscheinen.

V. *Viscum*. Der Vegetationspunkt der weiblichen Blüthe wird in die verbreiterte Axe eingefenkt. Ueber seinem Scheitel wachsen mehrere Blattgebilde zusammen. Die Embryofäcke entstehen in dem so eingeschlossenen Vegetationskegel. Dieser ist also der Eikern. Die Axenspitze wird zum Eikern.

VI. *Thesium*. Der Kreis der in der Blüthe zu oberst stehenden Blätter (Carpell- oder Fruchtblätter) verwächst und wird von der hohl werdenden Axe eingewallt. Es entsteht ein unterständiges Ovarium. Aus dem Carpellblatt oder aus dem Axenende entsteht ein cylindrischer

Gewebekörper, welcher in seinem Scheitel zwei bis drei Eifprosse bildet, diese werden nicht von Integumenten umhüllt. Der cylindrische Körper ist die Placenta.

VII. Bei *Primula* (allen *Primulaceen* und *Staticeen*) verwachsen mehrere, 3—5, Carpellblätter zu einem oberständigen Ovarium, aus dessen Grund aus dem Blatte oder dem Scheitel des Zweiges eine gestielte kugelige Placenta entspringt, welche ein einziges oder zahlreiche Ovula mit Integumenten trägt.

VIII. Unter den zahlreichen Formen der polycarpen Früchte wählen wir nur diejenigen, wo der Eifproß mit einem oder mehreren Integumenten aus dem Rande zweier Blätter an der blattbürtigen Placenta entspringt.

Wir sehen, daß ein allmäliger Uebergang herrscht:

a) der Eikern ist direct aus der Zweigspitze hervorgegangen, *Taxus*, *Viscum*. Das Integument ist ein näheres scheitelbürtiges Blatt, *Taxus* (es fehlt *Viscum*);

b) der Eikern ist ein Axillarsproß oder doch ein nächster Sproß an einem solchen, *Thuja* und die *Abietineen*;

c) der Eikern ist ein Blattfieder, *Cycadeen*;

d) der Eikern ist ein Placentensproß, die Placenta ist ein Blatt- oder Axensproß, *Thesium*, *Primula*;

e) der Eikern ist ein Blattsproß, die Mehrzahl der sog. Angiospermen.

Was in rein entwicklungsgeschichtlichem Sinne und in Hinsicht der Mechanik der Befruchtung und Samenbildung auffällt, ist nicht sowohl die Nacktfamigkeit oder Bedecktfamigkeit, als der Umstand, daß von den Coniferen nach den höheren und höchsten Formkreisen der Blütenpflanzen die Eifprosse immer mehr und stetig deutlicher von den Axensprossen zu Blattsprossen herabsinken. Dafür aber spielt der Blütenzweig immer mehr, sowie auch das Blatt (Carpellblatt) und noch andere Wucherungen der Axe (*Cupula* z. B.), die Rolle eines Schutzapparates. Der einzige wesentliche Unterschied beruht darin, daß die Eihülle bei den Coniferen noch gestattet, daß die Pollenzelle direct auf den Eikern gelangt, während ihm bei den höheren Blütenpflanzen die Schutzapparate entgegenstehen. Diese müssen nun selbst in empfangende Flächen oder Körper (Narbenkörper), welche für die Keimung des Pollens geeignet sind, umgebildet werden. Wir halten die Eintheilung in Angiospermen und Gymnospermen im genetischen Sinne nicht für haltbar.

C. Hauptzüge der Anatomie der Coniferen, Gnetaceen und Cycadeen.

Die anatomische Gliederung des Stammes zeigt die erhöhte Anpassung an die Aufgabe den Stamm zu befestigen. Alle Coniferen, Cycadeen und Gnetaceen sind perennirend, die große Mehrzahl baumartig. Der Gefäß-

bündelverlauf schließt sich an den Dicotylentypus, f. Bd. I. S. 311 ff., an. Gegenüber den Gefäßkryptogamen ist der genaue Zusammenhang zwischen den Gefäßbündeln der Blätter und des Stammes bemerkenswerth. Stamm-eigene Gefäßbündel kommen nicht vor. Da die Blattstellung mit Ausnahme der Cupressineen und Juniperineen, wo die Wirtelstellung herrscht, eine cyclische (spiralige) ist, so ist auch die Anordnung der Stränge dem entsprechend bei der großen Mehrzahl spiralig¹⁾. Nach dem, was in der groben Anatomie, Bd. I. § 32, vorgetragen wurde, und nach der Abhandlung über den Zusammenhang des Gefäßbündelverlaufes mit der Blattstellung (f. oben S. 245 ff.) können wir uns beschränken auf drei Typen: Abietineen, Juniperineen und Ephedra.

Bei Juniperus verlaufen die primären Bündel in rhombischen, geschlossenen Maschen, aus jeder Masche tritt ein centraler Strang in das Blatt; da die Blätter zu zwei oder drei im Wirtel stehen, so liegen in dem Inter-

1) Ueberblick in der anatomischen Gliederung von den niederen nach den höheren Pflanzen.

Mit den ersten Anfängen der Schichtung des vegetativen Körpers beobachtet man auch eine Verschiedenheit in den einzelnen Zellschichten. Es tritt dieselbe zuerst auf in dem Lager der Flechten und der höheren Pilzkörper, ferner in dem berindeten Charenstamme und dem geschichteten Fucaceenlager, dem berippten Moosblätter-, Marchantien-, Metzgerienlager, und erhält einen deutlicheren Ausdruck in den Holzsträngen der Gefäßkryptogamen, den Nerven der Blätter.

Zwei stark divergente Tendenzen müssen in der Schichtung unterschieden werden: 1^o der Pilzstamm; 2^o der Algenstamm.

Das geschichtete Lager der Pilze und Flechten entsteht durch Sprossung verflochtener Gliederfäden, welche nicht in einen Fachverband treten; die complicirteste Pilzform bleibt nur eine Colonie von Pilzfäden, in welcher jeder Faden, seitliche Aeste bildend, ein dendritisches Flechtwerk darstellt. Das Pilz- und Flechtengewebe beginnt mit Cylinderästen und endet auch in der complicirtesten Form mit einem System verschieden dicker, verschieden eng verflochtener Hyphenäste. Man unterscheidet in der Regel nur zwei concentrische Hüllschichten, die Cortical- und Medullarhyphenschicht, zu welchen noch bei den Flechten die nach dem Modus der Algen sich theilenden Gonimonzellen hinzukommen.

Der Hauptunterschied des Pilzlagers gegenüber dem Algenstamm ist die Verflechtung der Hyphenäste, während im Algenstamme eine Fächerung der vorhandenen Zellen durch Zellwände eintritt, die nach allen Richtungen des Raumes orientirt sind:

Die Pilzform ist geometrisch zwar streng umschrieben und hochgegliedert, das Formgesetz aber wirkt nicht in dem Maße auf den Wachsthumsmodus der Einzelzelle zurück, wie in dem Algenstamme.

Die höchsten Pilzlager besitzen keinen Anschluß an die Anatomie der höheren Pflanzen, während schon bei den Algen ein morphotischer Anschluß leicht zu erweisen ist (die Sphacelarien, f. oben S. 131).

Die aus dem Algenstamm entspringenden Descendenten, die Charen, Moose, Gefäßkryptogamen, Coniferen und Phanerogamen, haben in ihrer vegetativen Entwicklung eine wenn auch kurze Phase, in welcher die Zellvermehrung und die Wachstumsweise aller gleich ist und mit den Pilzen übereinstimmt.

folium zwei oder drei solcher Maschen. Bei der Mehrzahl der Abietineen tritt ebenfalls nur eine Spur in das Blatt ein, der Anschluß dieser Spur muß abhängig sein von der Beschaffenheit der Contactlinien oder dem seitlichen Divergenzwinkel (f. oben S. 249 ff.). Bei *Salisburia* treten zwei Stränge in das Blatt, welche sich nach dem Typus der Nervatur der Farrenkräuter verzweigen. In der Pinusnadel aber kommen drei Spuren vor. Eine mediane davon ist die Hauptspur, links und rechts zwei von andern Paraftichenlinien herftammende kleinere Seitenspuren. Soweit dieser Gegenstand aufgeschlossen ist, läßt sich das Gesetz des Spurenverlaufes etwa so aussprechen: je höher die Anzahl der Paraftichenreihen (beziehentlich Contactlinien, f. oben S. 265) an einem gegebenen Stammstücke ist, um so größer ist die Anzahl der Spuren, welche in einem gegebenen Querschnitte angetroffen werden und um so entferntere Blätter werden durch die Spuren

Diese Phase kommt, unmittelbar nach dem Kreuzungspunkt der Formkeime im Ei, in dem Embryoträger zum Ausdruck.

Je höher man in der Formenreihe aufsteigt, um so mehr wird der Pilz- und Fadenalgentypus verwischt und durch Fachtheilung ersetzt.

Man kann bei der Fächerung einer cylindrischen Zellenkette in der Hyphe der Pilze und Flechten schon einsehen, daß, wenn die Cylinderkette wachsen, länger werden soll, dieß nur durch Bildung von Zellwänden geschehen kann, welche senkrecht zur Cylinderaxe die Zahl der Zellen vermehrt. Die Pilzhyphe aber ist auf diesen Modus beschränkt. — Die Algendescendenten schalten in die gegebene Form nach allen Richtungen neue Wände ein; diese Fächerung bedingt zunächst die Möglichkeit, daß die Form nach allen Richtungen oder mindestens in der Ebene wächst, gleiche Textur, gleiche Gliederung zeigt. Der Typus eines solchen Gewebes ist der Schaum der Flüssigkeiten (der großbläsige Flaschenbier Schaum). Die Form der Actinosphaera (Fig. 17, Bd. I d. Hdb.) vermittelt den Schaum mit dem Gewebe, welches in der älteren Literatur mit dem Namen Parenchym belegt ist.

Wir können die morphotischen Vorgänge der Schichtung am besten verfolgen, wenn wir uns drei Querschnitte in verschiedener Höhe durch eine hochgeschichtete Pflanze gelegt denken.

Eine tiefere Zellschicht ist dann eine spätere Descendentenreihe der höheren. Alle aber sind Descendenten einer gewissen Anzahl von stetig theilungsfähigen Zellen, welche meist in der Spitze einen Kegel bilden, den Vegetationspunkt.

Der Vegetationspunkt der höheren Pflanzen ist selbst schon geschichtet, d. h. er besteht aus vielen Zellen verschiedener Bedeutung (f. oben S. 332).

Man kann bei der Behandlung der morphotischen Vorgänge der Gewebebildung zwei Hypothesen vorschlagen:

1° die vegetative Verjüngung (Neubildung der Gewebe) ist durch constante Formgesetze beherrscht, welche von dem Charakter der Lebensweise der späteren Descendenten unabhängig sind;

2° die Lebensweise, der Charakter der tiefer gelegenen Descendenten übt einen Einfluß auf die Formgesetze der Gliederung im Orte der Verjüngung aus.

verbunden. Die einzige Primärspur bei einer Abietinee kann z. B. austreten in die Blätter:

0, 3, 6, 9, aber auch in die Blätter:

0, 13, 26, 39, wenn die Knospenlanze einer höheren Blattstellung zutreibt.

Als Schema für den einspurigen Verlauf der Abietineen erhalten wir mit Zugrundelegung des schematischen Stammes, Fig. 298 (Bd. I d. Hdb.):

I.	0,	2,	4,	6,	8
II.	0,	3,	6,	9,	6
III.	0,	5,	10,	15,	20
IV.	0,	8,	16,	24,	32
V.	0,	13,	36,	39,	52
VI.	0,	21,	42,	63,	84

Diese Reihen können an einer und derselben Pflanze vorkommen.

Die letztere ist die wahrscheinlichere, weil sie die vegetative Verjüngung unter den Gesichtspunkt der Pangenese bringt. — Sowie im Keimpunkt, dem Ei, die Formkeime der Eltern angehäuft werden, so wird auch im Vegetationspunkt der Charakter des ganzen Stammes durch Formkeime wieder angehäuft.

Aus diesem Grunde ist die Ansicht HANSTEIN's nicht zurückzuweisen, welche ausagt, daß der Vegetationspunkt selbst in sich schon eine morphotische Gliederung in Zellen verschiedener Bedeutung zeigt.

Auf der einen Seite haben wir die Gefäßkryptogamen mit endständigem Keimpunkt, Scheitelzelle, auf der anderen den geschichteten Vegetationspunkt HANSTEIN's. Es ist kein Grund vorhanden, die Möglichkeit einer Uebergangsform zwischen beiden zu verneinen.

Unter dem Vegetationspunkt können drei Querschnittsebenen gelegt werden, aus welchen die Entwicklung erschlossen wird.

Die erste Ebene liegt etwas tiefer als der Vegetationspunkt; sie besteht aus homogenen Geweben, zwischen ihr und der zweiten sind die Zellen nach allen Richtungen isodiametrisch oder zeigen doch keine weitere Differenzirung in der Querrichtung, wenn schon eine Schichtung in der Wachstumsrichtung erweislich ist.

Diese Gewebemasse kann mit SACHS das Grundgewebe genannt werden.

Aus ihr differenzieren sich die Epidermis und die Fibrovasalanlagen. Die zweite Ebene möge in der oberen Endigung der Fibrovasalstränge liegen. Zwischen dieser und der dritten liegt die Hauptzuwachszone, welche stetig mit der Zeit weiter geschoben wird, so aber, daß sie in einer bestimmten Entfernung von der Spitze verbleibt, da auch in dieser stetig Neubildung erfolgt (f. Bd. I, S. 176 ff.).

In diesem Cylinder macht sich die Anlage der Fibrovasalmassen dadurch kenntlich, daß an bestimmten, in einen Kreis geordneten Punkten das Grundgewebe sich in ein engermaschigeres Gewebe zerklüftet, so bei den meisten Stämmen; oder daß strahlig von dem Mittelpunkt ausgehende Zellparthien größer werden als das Grundgewebe, so bei den meisten Wurzeln. Die in einen Kreis gestellten engeren Bündel oder die vom Centrum entspringenden Strahlen sind die Fibrovasalanlagen, die ersten Röhrengebilde. — Es versteht sich von selbst, daß ihre Entstehung, wenn nicht eine Resorption der Querswände vorausgesetzt wird, nur in einem Cylinderstückchen möglich ist, welches noch der Streckung fähig ist. Die Längenausdehnung der Zellen in der

In I. würde sich das Stammstück nur aus zwei schraubenlinigen Gefäßspuren zusammensetzen, von welchen Seitenspuren abgingen (man beachte die Figur 298 a. a. O.) nach den Blättern 0, 2, 4 u. f. f. in einer der Schrauben, nach 1, 3, 5 u. f. f. in der andern.

In II. für einen dickeren Ast oder Zweig derselben Pflanze, beziehentlich für eine ganz andere Art würden nach demselben Schema drei Primärspuren den Stamm umkreisen mit den in die Blätter abbiegenden Strängen:

0,	3,	6,	9
1,	4,	7,	10
2,	5,	8,	11

Ganz allgemein: das Zahlenintervall in den vorstehenden Reihen gibt die Anzahl der Primärstränge an, welche den Stamm bei den Nadelhölzern umkreisen und von welchen Seitenstränge in die Blätter ausbiegen. Frei-

Fibrovasalanlage gegenüber dem kurzgliedrigen Grundgewebe entsteht dann durch das Unterbleiben der dem Zuwachs folgenden Fächerung in dem Grundgewebe.

Mit dem wachsenden Stamme fließt die Fibrovasalspur gewissermaßen stetig nach, so daß ihr oberes Ende stets in bestimmter Entfernung von der Spitze bleibt, ein Vorgang, welcher durch die Fig. 183, 184, Bd. I, als Function der Zeit dargestellt ist (man vergl. auch Fig. 176 ebend.).

Von dem Momente des ersten Auftretens der Fibrovasalspuren an (in der Ebene ihrer oberen Endigung) zerfällt der Stamm mindestens in zwei Orte, welche mit dem Namen der Rinde und des Holzkörpers benannt sind.

Stehen die Spuren in einer Cylinderfläche im Querschnitt in einem Ring, so kommt noch der Theil, welcher innerhalb liegt, hinzu, das Mark.

Die Fibrovasalmassen sind bei allen Pflanzen, wenigstens bis zu einer bestimmten Zeit, isolirte Stränge, Spuren, oder radial gestellte Platten ohne seitlichen Verband (Dicotylenwurzel, Marattiaceenwurzel). Wir haben drei Vorgänge zu verfolgen:

- 1° Verlauf der Spurstränge in die verschiedenen Auszweigungen;
- 2° Weiterbildung der primären Spuren mit dem Dickenwachsthum;
- 3° Austritt der Spuren durch die Rinde, Veränderung in der Rinde.

Längsverlauf der Gefäßbündel.

Die Gefäßspur verläuft mit ihrem oberen Ende in den Zweig, in die Blatt-, Zweig-, in die umgewandelten Blatt- und Zweiggebilde: Zweig- und Blattranke, Zweig- und Blattdorn. Sie fehlt dem Haar und seinen metamorphen Gebilden.

Ein hervorragender Unterschied zwischen den Stämmen und Wurzeln liegt in dem Längsverlauf der Stränge: wir kennen Glieder-(Knoten-)stämme, Gliederwurzeln sind nicht bekannt.

Gegliederte Stämme.

Gliederstämme entstehen durch überwiegende Neigung, die Spuren zu verstränken, so bei dem Grasknotenstamm, dem Gliederstamm der Sileneen, Alfineen, Polygoneen, Hippurideen, Stellaten.

Es gibt aber andererseits keinen Gliederstamm, bei welchem die Glieder so vertheilt wären, daß sie nicht mit den Insertionen der Blätter zusammenfielen. Im Allgemeinen macht sich der Einfluß der Blätter auf die Gliederbildung geltend.

lich kommt es nun noch darauf an, wie weit die Vereinigung des ausbiegenden Stranges von der Ausmündungsstelle in das Blatt mit dem Strang im Stamm zurückliegt. Dieß kann bei der großen Mehrzahl der Abietineen an vorspringenden Polstern von Hautgewebe, welche den Verlauf der Stränge kennzeichnen, leicht festgestellt werden.

Von Interesse ist gestaltlich nur noch die wirtelig gebaute Ephedra. Die Wirtelstränge kreuzen sich nicht zu einer Knotenplatte an der Einfügung des Wirtels, sondern verlaufen stets in derselben Tangentialebene. Bei Ephedra equisetiformis treten zwei Spuren, *s*₁ *s*₂, in das Blatt; stellen wir den Verlauf für mehrere Wirtel dar, indem wir die Blätter der aufeinander folgenden Wirtel mit *I*, *II*, *III* belegen, so erhalten wir:

Der Gefäßstrang verläuft tangentialchief in der Cylinderfläche des Stammes und weicht auch in der Richtung des Radius mehr oder weniger von der Cylinderaxe ab. Er verläuft radialschief bei den Monocotylen.

Aus den Resultaten der umfangreichen Untersuchungen der neueren Zeit und insbesondere NÄGELI's erachte ich die folgenden Ergebnisse für die wichtigsten:

1° ein jeder Strang im Stamme tritt einmal wenigstens in einen Zweig, in ein Blatt aus;

2° die Blatthauptrippe entsteht so, daß sie eine Zeit lang wenigstens mit der Spur im Stamme nicht in Berührung ist. Sie beginnt in der Blattanlage und wächst dem Stammtheil der Spur entgegen (so die Mehrzahl der Gefäßpflanzen).

Betrachten wir den fertigen Theil derjenigen Region der Stämme, wo die Continuität der Blattspur mit der Stammspur hergestellt ist, so ergeben sich als wichtigste Typen des Verlaufes die folgenden:

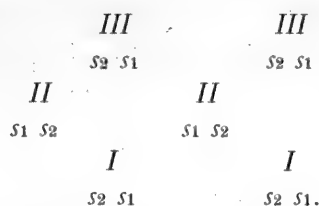
1° die Spuren verlaufen im Stamme so, daß kein zusammenhängendes Netzwerk entsteht: Moose, Psilotum, Lycopodium, Selaginella, Iberis (Fig. 303, S. 314, Bd. I d. Hdb.). Das Merkwürdige eines solchen Fibrovafalsystemes ist, daß, wenn man von einem Blatte mit dessen Hauptrippe in das Fibrovafalsystem eintritt und stets mit der Spur weiter geht, man nur eine gewisse Anzahl von Blättern wieder erlangen kann. Das ganze System zerfällt in eine gewisse Anzahl von coordinirten Spuren, welche aber seitlich niemals in Verband treten, sondern als Schrauben oder Spiralen den Stamm umkreisen. Die Fibrovafalstreifen verlaufen in den Paraßtichen (s. oben S. 272);

2° die Spuren verlaufen im Stamme so, daß ein streng geometrisches, von der Stellung der Blätter abhängiges System von Maschen gebildet wird. Ist man einmal auf dem vorbezeichneten Wege in dasselbe eingetreten, so erlaubt die Wanderung durch das Maschenwerk eine continuirliche Bahn nach allen Richtungen um den Stamm, so daß man eine Zickzacklinie beschreibt und die Infertionspunkte aller Blätter zu berühren vermag: Farrenkräuter, einige Coniferen, die Mehrzahl der Dicotylen;

3° die Spuren vereinigen sich im Knoten und treten aus der Verschmelzung in diesem zum Theil in's Blatt, zum Theil in das höhere Interfolium: Gramineen, Tradescantia;

4° die Spuren verlaufen tangential- und radialschief und vereinigen sich nur im Blatte, im Stamme gehen sie stets isolirt, ohne ein Maschenwerk zu bilden (Palmen-, Dracæna-, Yuccatypus).

Von Interesse dürfte nur noch die Gliederung des Stammes nach den Internodien der Blätter sein. Es ist nicht möglich, zu entscheiden, ob dieß eine Anpassung sei. Sie



Gehen wir nämlich von dem Wirtel *I* aus, so gibt das linke Blatt die Spur 2 (etwas tiefer) an die rechte Seite des linken Blattes von Wirtel *II*. Die Spur 1 aber geht an die linke Seite des rechten Blattes des Wirtels *II* u. f. f. (das Schema ist mit der Figur 304, Bd. I des Handbuchs, S. 315 in Vergleich zu ziehen).

Bei der vergleichenden Anatomie und Morphologie der Coniferen und Gnetaceen mit den Gefäßkryptogamen sind diese Fortschritte in der Erhebung in Betracht zu ziehen:

- I. das Auftreten des Cambiumringes;
- II. das deutliche Auftreten der kork- und borkebildenden Cambien;
- III. das Auftreten der deutlich differenzierten Secretionscanäle mit topologisch bestimmter Stellung;
- IV. die Differenzirung der Stranggewebe in Elemente des trachealen Systems, der Leit- und Bastzellen und der Sclerenchymgewebe.

Mit Ausnahme der Cycadeen, wo drei und mehr Cambiumringe gleichzeitig functioniren, besitzen die Coniferen nur einen Cambiumring, welcher

fehlt allen Algen, mit Ausnahme der Charen und einiger Florideen, sie fehlt allen Moosen, allen Rhizocarpen, Lycopodiaceen, sie kommt allen Equiseten zu, sie fehlt den Coniferen, mit Ausnahme der Gnetaceen. Wo sie den Phanerogamen zukommt, ist sie ein allen Gattungs-, resp. Familienrepräsentanten zukommender Zug. Die einzige Eigenthümlichkeit der Verjüngung in dem Gliede, Knoten ist die fast allen Knöterichen zukommende Wurzelbildung aus dem Gliede, Gramineen.

Die Weiterbildung der primären Fibrovafalmassen geschieht in der mannigfachsten Weise. In den Wurzeln der Gefäßkryptogamen, vor Allem der Marattiaceen, entstehen alle Elemente des Fibrovafalsystems gleichzeitig als ein 10–12strahliges System oder als ein polyedrisches Bündel. Die Verdickung aber schreitet von außen nach innen fort und endet im Centrum: es sind dieß die niedersten Formen ohne jede Weiterbildung.

Die Vermehrung der Fibrovafalelemente geschieht ebenso in der mannigfachsten Weise. In dem Folgenden wünsche ich die Haupttypen zusammenzustellen. Zum Verständniß hat man sich mit der Fortbildung mit jedem neuen Stadium die zuerst betrachtete Querschnittsebene rückwärts vom jüngeren nach dem älteren Stammtheil fortgeschoben zu denken:

I. die Anlegung der Fibrovafalstränge in einem oberen Querschnitte des Grundgewebes ist begrenzt:

1° Gefäßkryptogamen;

2° Phanerogamen;

3° viele Monocotylenstämme und -Wurzeln;

a) die Weiterbildung geschieht zuerst centripetal, Dicotylenwurzel;

feine Thätigkeit mit der Streckung der vegetativen Knospe beginnt. Der wesentliche und ganz unvermittelte Unterschied in dem Wachstumsmodus zwischen beiden Verwandtschaftskreisen besteht darin, daß alle Elemente bei den Gefäßkryptogamen im Stamm in der Strang- oder Gefäßbündelscheide vereinigt sind, während der Cambiumring der Coniferen zwei Gruppen von Stranglelementen scheidet, die einen nur in der centrifugalen Richtung als Holzkörper, die andern nur in centripetaler Richtung als Rindenkörper weiterbildet (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 325 ff., 328 ff., S. 608). Nennen wir in dem Schema *X* den Xylem oder Holztheil, *L* den Rinden-theil des primären Gefäßbündels, *P* den Phellogen oder Korktheil, nachdem die Epidermis functionslos geworden ist, *M* das Mark:

$$M \text{ } s \text{ } s_1, \text{ } X \text{ } C \text{ } L \text{ } P$$

→ ← ← ←

b) die Weiterbildung geschieht nur durch Verholzung simultan erzeugter Fibrovasalmassen in centripetaler Folge, Farrenkrautwurzeln.

A. Die Fibrovasalstränge stehen isolirt und bilden sich durch eigene Cambialstreifen früh aus, Monocotylen, Farrenkräuter:

a) die Gefäße und Holzkörper sind von den Vasa propria getrennt, Monocotylenwurzel mit Ausnahme der Palmen;

b) die sämtlichen Fibrovasalelemente in einem Bündel vereint, Farrenstamm, Monocotylenstamm.

B. Die Fibrovasalstränge bilden sich in radialer Richtung durch den Cambiumring weiter ohne seitlichen Verband, Menispermeeen, z. B. *Cocculus*.

C. Die Fibrovasalmassen bilden sich durch einen Cambiumring in centrifugaler Richtung weiter, aber ohne seitlich in Verband zu treten, Ranunculaceenrhizome, Cacteen.

D. Die Fibrovasalmassen bilden sich in centrifugaler Richtung durch einen Cambiumring weiter ohne Markstrahlen, Crassulaceen.

E. Sie bilden sich, wie vorher, weiter mit Beibehaltung und Neubildung von Parenchymmassen, Markstrahlen, Stamm und Wurzel der Coniferen und Phanerogamen.

F. Sie bilden sich weiter mit mehreren Cambiumringen, *Phytolacca*, *Beta*, *Cycadeen*.

II. Die Bündel entstehen nach und nach (unbegrenzt), so daß im Querschnitt lange Zeit neue für sich isolirte Fibrovasalmassen im Grundgewebe auftreten, Palmen:

a) das Fibrovasalsystem wird durch das Grundgewebe vermehrt, Palmenstamm und Wurzel, *Dracæna*stamm und Wurzel;

b) es wird durch einen Cambiumring vermehrt, *Yucca*stamm, *Dioscorea*stamm.

Die Erhebung des Fibrovasalsystemes nach einer streng erblichen Formeigenthümlichkeit tritt früher ein, schon mit den Gefäßkryptogamen. Die Weiterbildung, die strengste geometrische Gliederung, wird zuerst in dem Dicotylenlaubbaume erreicht.

Hauptzüge adaptiver Art in dieser Erhebung sind:

1° das Herabsinken der Verjüngung in dem Fibrovasalkörper selbst;

2° das Herabsinken des Parenchymgrundgewebes, das Zunehmen des Holzkörpers in der Masse;

3° die steigende morphotische Bedeutung der Rinde;

4° die Erhaltung der verjüngenden Kraft in dem Gewebe der Rinde;

5° die Erhebung des Markkörpers zu einem massiven Cylinder.

so stellt die so bezeichnete Reihe einen radialen Querschnittstreifen dar, welcher in *M* mit dem Mittelpunkt des Stammes zusammenfällt. Die Entwicklung des primären Gefäßbündels aus einem Streifen des Procambium, dessen Verlauf in der Längsrichtung durch den Spurenverlauf bestimmt ist, beginnt ganz allgemein mit der Bildung enger Spiraltracheen, später entwickeln sich mit dem einen Pfeile bei *C* die mit behöften Tüpfeln versehenen Holzzellen (bastähnliche Holzzellen einiger Autoren), in dem Rindentheil, welcher mit dem entgegengesetzten Pfeil wächst, wechselnd Bastzellen, Bastparenchym, Leitzellen, Siebröhren, endlich in dem Cambium des Korres (in dem phellogenen Meristem) der Zuwachs dieser Gewebeart.

Beschränken wir uns zunächst auf die Coniferen, ohne den gestaltlichen Anschluß in den Einzelementen der Zellenarten an die höheren Blütenpflanzen aufzufuchen, so können wir mit Berücksichtigung der Entwicklung des Stammes und der Blätter einen Ueberblick über die feinere Gewebelehre gewinnen, nachdem die folgende Betrachtung vorausgeschickt ist. Bei der Benennung der Gewebe find in der Literatur maßgebend gewesen:

1° die topologischen Verhältnisse, also die gegenseitige Lage und Verbindung gestaltlich verschiedener Zellen und Zellengruppen;

2° die feineren Züge der Gestalt der Wandstructur (Poren, Tüpfel, ring-, spiral-, schraubenlinige Verdickung und anderes mehr, z. B. Streifung und Inkrustierung);

3° die physiologische Bedeutung der Gewebe, als Leitgewebe z. B. oder als Befestiger des Systemes;

4° die genetische Herkunft: Zeit der Entstehung, Differenzirung, Ausbildung der Wand und dergleichen mehr.

Die Entwicklungsgeschichte ist streng genommen der einzige Weg, um eine Verständigung zu erzielen. Bei den Nadelhölzern kommen entwicklungsgeschichtlich, wie dieß am Mikroskop leicht eine von der Knospe durch den einjährigen Zweig nach dem Stamm zu geführte vergleichende Anatomie lehrt, diese in genetischem Verband stehenden Gewebe in Betracht (mit Bezugnahme auf die schematische Zusammenstellung, S. 308, Bd. I d. Handbuchs):

Das Urmeristem differenzirt sich in das Dermatogen, das Plerom und die Initialen der Zweig- beziehentlich Blattanlagen in der Nähe des Scheitels am Vegetationshügel (f. Fig. 189).

Aus dem Dermatogen entspringt durch Theilung (f. oben S. 332 und Bd. I d. Handbuchs) die Epidermis und das Hypoderma, eine mehr oder weniger verdickte, aus einer oder mehreren Zelllagen bestehende Hautschicht, welche bei den Coniferen an der Nadel allgemein vorkommt in Combination mit peripheren Bastzellen oder Sclerenchymzellen.

Alle Zellenelemente, welche nicht durch ihre Entstehung aus einem Cambiumstreifen (Procambium) als Elemente des Gefäßbündels kenntlich sind, mit Ausnahme einiger unter dem Namen Sclerenchym zusammengefaßter Elemente, lassen sich in ihrer Entwicklung auf das Grundgewebe zurückführen. Die Gewebe, welche in der Fig. 189 mit *M* Mark, *pb* Periblema bezeichnet sind, stellen die Urmutterzellen dar des Parenchyms der Rinde und des Markes und der primären Markstrahlen.

Das Parenchym der primären Rinde muß eine Zeit lang und bei den Bäumen, welche erst im hohen Alter oder gar nicht Borke bilden, theilungsfähig sein durch radiale und tangentielle Wände. An feiner Peripherie oder in seltenen Fällen in der Epidermis selbst entsteht das phellogene oder korkbildende Cambium, bei welchem im Allgemeinen die Zellbildung in radial centripetaler Richtung fortschreitet. Selbstredend muß der Korkmantel eine Zeit lang mitwachsen und nachträglich theilungsfähig sein. Je nach dem Gefüge, locker oder dicht, durch das Auftreten von Intercellularräumen und je nach dem Zelleninhalt werden unterschieden:

Dünnwandiger und dickwandiger Kork, Blätterkork, Periderma und in dem leitungsfähigen Grundgewebe der Zweige und Blätter:

Schwammparenchym,

Pallisadenparenchym in den Dicotylenblättern (Fig. 430, Bd. I),

Chlorophyllparenchym,

Sclerotisches Parenchym,

Collenchym (s. Fig. 88 *A B*, Bd. I d. Handb. S. 75),

Steinzellenparenchym in der peripheren Schale der Zweigrinden, in den Concretionen mancher Früchte, im Mark u. a. m.

Topologisch bestimmt sind von solchen Geweben nur:

Epidermis, Hypoderma,

Collenchym.

Die Elemente des phellogenen Cambium in diesem sind topologisch unbestimmt, zerstreut regelmäßig oder unregelmäßig auftretend, die Steinzellen, Gruppen in Nesterform, von isodiametrischen Zellen, welche außerordentlich hart und bis zum Verschwinden des Lumens verdickt mit zahlreichen engen Porengängen versehen sind.

Ebenso wenig topologisch bestimmt sind die Harzzellen oder die Zellen, welche als Behälter für ätherisches Oel dienen, die Cystolithe und Kryszallzellen, während die Kryszallschläuche in vielen Fällen auf Zellketten im Bastparenchym und Holzparenchym zurückgeführt werden können, welche eine topologisch genau bestimmbare Lage haben.

Uebergangsformen von dem Grundgewebe nach dem Stranggewebe (Gefäßbündel) bilden die Strangfcheiden im Blatte der Coniferen, die Schutzfcheide der Gefäßkryptogamen, die Schutz- oder Kernscheide

der Monocotylenwurzel. Uebergangsformen von genetisch und topologisch genau bestimmten Gewebearten nach zerstreut stehenden, mehr oder weniger gefestlos auftretenden Elementen finden sich in den Zellen, welche man unter dem Namen Sclerenchym zusammengefaßt hat.

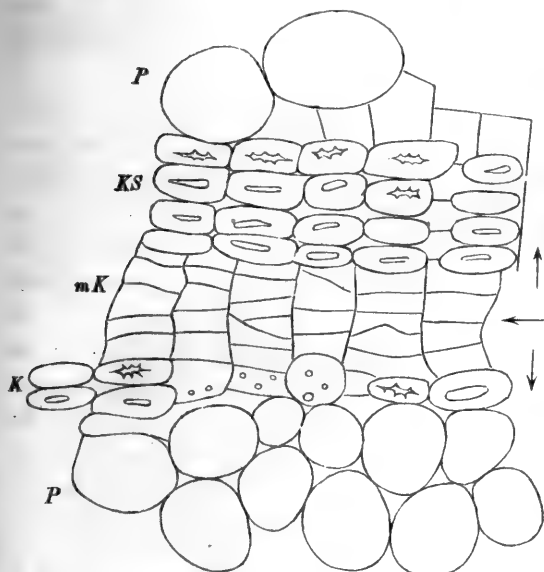


FIG. 191. Kleine Parthie aus dem Querschnitt der Rinde von *Pinus Laricio*, da wo eine Korkplatte das Rindenparenchym durchsetzt. *P P* das Bastparenchym. *K S* die äußere Schale von Steinzellen. *K* die innere Schale. *m K* der Kork zwischen beiden; dieser reißt später in Richtung des Pfeiles, so daß die Borkenplatten sich trennen.

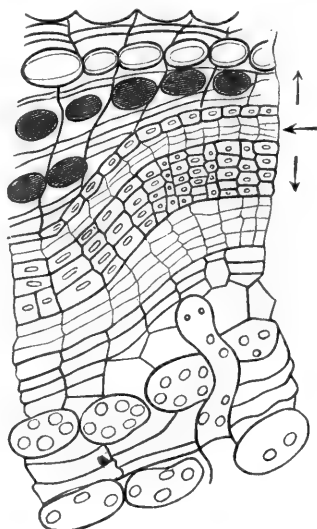


FIG. 192. Kiefer. Rindenparthie von einer Korkplatte durchsetzt; parallel dem horizontal stehenden Pfeile reißt die dünnwandige Korkschicht, so daß die Borkenplatten in Richtung der auseinanderweichenden Pfeile sich abspalten.

Topologisch bestimmte Zellen und Gewebe nach ihrer Entstehung geordnet:

Xylem:

Holzzeile,
Holzmarkstrahl,
Holzparenchym (führt
Crystalle u. Amylum),
Mark (hier entstehen
Steinzellen und Sclerenchym).

Spiegelbild:

Cambium.

Rinde:

Leitzelle,
Bastzeile,
Rindenmarkstrahl,
Bastparenchym (führt
Crystalle u. Amylum),
primäre Rinde (hier entstehen
nachträglich
Steinzellen und Sclerenchymfasern).

Das tracheale System ist bei den Coniferen rudimentär ausgebildet, insofern nur bastähnliche Holzzeilen, welche nicht direct wegfam sind, im secundären Zuwachs angelegt werden (vergl. S. 306 ff. und Fig. 297 d. Handb. I.).

Schraubenlinig verdickte Holzzellen kommen bei *Taxus* und Spiraltracheiden nur im primären Theil des Gefäßbündels bei sämtlichen Coniferen vor.

Das Sclerenchymsystem ist bei den Coniferen in drei Formen vertreten¹⁾.

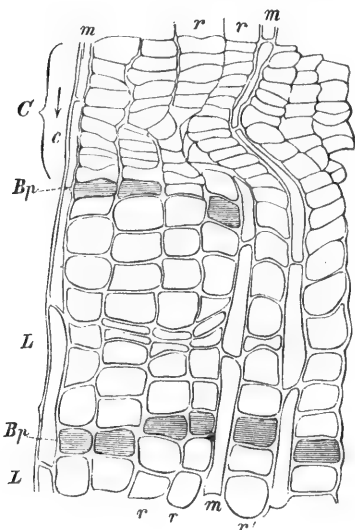


FIG. 193. Kleine Querschnittsparthie aus der Stammrinde einer Fichte. *m* Marktrahl, *Bp* Bastparenchym, *L* Leitzelle.

Die niederste Stufe der Rinden- und Sclerenchymbildung kommt den Abietineen zu. Hier wechselt die Rindenperiode in radialer Richtung nur zwischen Bastparenchym und Leitzellen (vergl. Bd. I, S. 338 ff.).

In dem ganzen primären und secundären Theil der Rinde entstehen sehr spät, mindestens lange nach der Differenzirung der Gewebe im Cambiumring, oft erst in alten Stammrinden nesterartige Concretionen von sclerenchymatischem Parenchym (Steinzellen der älteren Autoren). Diese sind stark verdickt, mit radial gestellten Poren versehen, mäandrisch verschlungen bei der Kiefer oder in parenchymatischem Verband. Leicht kenntlich beim Zerschneiden durch die Elfenbeintextur und Härte, tingiren sich leicht mit Carmin und Anilin.

Die zweite Stufe der Anordnung kommt den Juniperineen und Wellingtonia zu. Hier wechseln Bast, Bastparenchym und Leitzellen, je eine Bastzelle, mehrere oder eine Leitzelle, mehrere oder eine Bastparenchymzelle bilden im Querschnitt in radialer Richtung eine histologische Periode.

Bei zwei- bis dreijährigen Zweigen von *Juniperus virginiana*, *Thuja*, *Biota*, *Thujopsis* stimmt die Anzahl solcher Perioden fast genau mit der Anzahl der Jahrringe überein. Im mittleren Alter der Bäume, wo die Production culminirt, werden indeß mehrere solcher histologischer Perioden für einen Jahrring im Holz gebildet und gegen das Alter sinkt die Bildung wieder auf eine Periode herab.

Ganz streng gesetzmäßig vertheilt kommen die mechanisch wirkfamen

¹⁾ Streng genommen sollte man zwischen Bastzellen, deren Auftreten genau gesetzmäßig ist, und Sclerenchym unterscheiden. DE BARY ordnet die Bastzellen mit den zufälligen und regellos stehenden Sclerenchymfasern zusammen (f. HOFMEISTER's Handbuch d. physiolog. Botanik, III. Bd., S. 133 ff.).

Bastzellen (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 314 ff., 320 ff.) in den Blättern der Coniferen vor. Dort sind sie an die Peripherie gerückt und stehen in eleganten Gruppen oder Reihen.

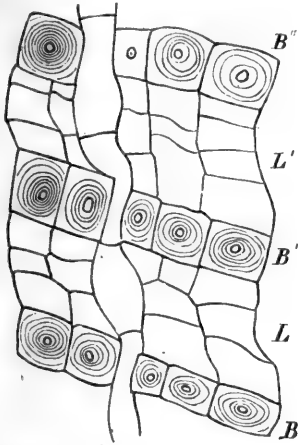


FIG. 194. *Wellingtonia gigantea*. Kleine Querschnittsparthie der secundären Rinde. L L' Leitzellen, B B' Bastzellen im Querschnitt.

Das schönste Object für vielfach verzweigte Sclerenchymfasern ist das Blatt von *Sciadopitys verticillata*. Der Blattquerschnitt ist elliptisch (f. Anatomie des Blattes weiter unten) mit zwei gefonderten Gefäßbündeln von mäßiger Stärke, das ganze chlorophyllführende Mesophyll ist aufgelockert durch große eingestreute sternförmige Sclerenchymfasern, welche mannigfach verzweigt sind. Die Zweige sind oft spiralförmig oder mäandrisch gewunden und bohren sich in die Intercellularen des Mesophylles.

Durch den secundären Zuwachs und die radiale Stellung der Elemente in diesem, durch das Auftreten der Bast- und Sclerenchymelemente vermitteln die Coniferen in histologischer Hinsicht den Uebergang nach den Dicotylenbäumen. In einem besondern Zug kommt die Erhebung zum Ausdruck, es ist die Bildung der regelmäßig gestellten Secretionsbehälter (vergl. Bd. I S. 255). Das Secret ist eine Lösung von Hartharz in ätherischem Oel, in wechselnder Menge beider Stoffe. Es ist ursprünglich über das Grundgewebe aller jüngeren Theile des Zweigsystems vertheilt. Bei den Cycadeen ist das Secret eine schleimartige, in Wasser lösliche oder doch quellbare Masse. Die Stellung der Secretionsbehälter ist im Zweig

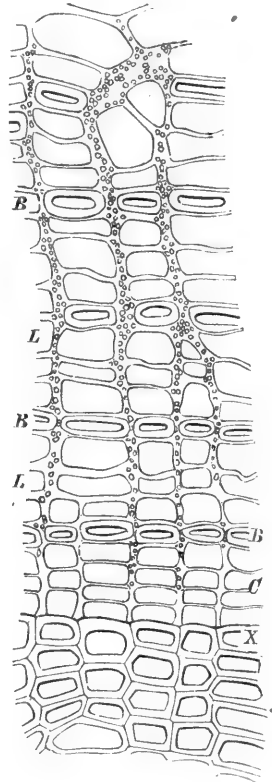


FIG. 195. Querschnittsparthie durch Rinde, Cambium C und Holz X des *Juniperus virginiana*. L Leitzellen, B Bastzellen. (Nach SOLMS-LAUBACH, Bot. Ztg. 1871.)

durchaus gefetzmäßig abhängig von der Stellung der primären Gefäßbündel. Diefer Stellung nach unterscheiden wir:

- 1^o primäre Harzgänge in den Zweigen und Blättern;
- 2^o secundäre Harzgänge im Holz der Kiefer, in einer bestimmten Schale alle Jahre von Neuem gebildet — ebenso in der Rinde.

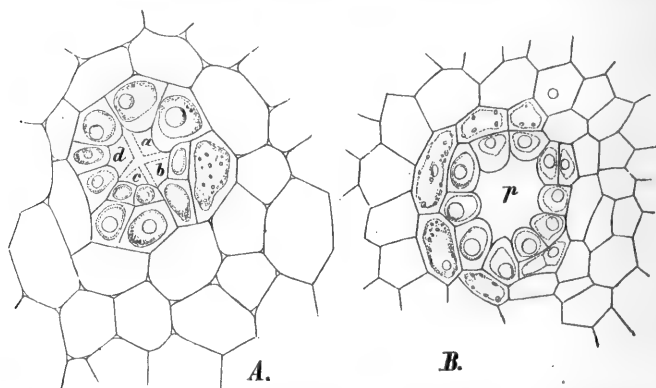


FIG. 196. *Cycas revoluta*. A Secretionscanal, ursprünglich aus vier Zellen entstanden *a b c d*; jede derselben mehrmals getheilt. B ebenfolcher Canal *p* mit der Zone der secernirenden Grenzzellen.

D. Morphologie und Anatomie des Coniferenblattes.

Die Blätter, Nadeln der Coniferen find mit Ausnahme der Cycadeen unverzweigt. Deutlicher Knospenschluß durch die Niederblätter oder Knospenschuppen kennzeichnet die Erhebung über die Gefäßkryptogamen und den Anschluß an die Phanerogamen. Derselbe Anschluß in der anatomischen Beschaffenheit wird durch die Cycadeenblätter vermittelt, wo zuerst das Mesophyll als chlorophyllführendes Pallifadenparenchym entwickelt ist und in der Histologie des Blattes die Anpassung an die einseitige Bestrahlung und den gestaltlichen Unterschied der Ober- und Unterseite verräth (vergl. Bd. I und S. 490 Fig. 430).

Sieht man zunächst von den gefiederten Cycadeenblättern ab, so fallen in der Gestaltung der Nadeln diese Formzüge auf:

1^o der Querschnitt der Nadel, Fig. 197, ist durch den gegenseitigen Druck in der Knospenlage beeinflusst, z. B. bei den Kiefern mit zwei Nadeln *Ia* und *II* im Kurztrieb, *Pinus silvestris*, *P. montana*, *P. Pinaster*, *P. Pinea* u. a. m. ist die Nadel an der einen Fläche eben nach außen gewölbt, halbkreisförmig im Querschnitt.

Stehen drei Nadeln im Kurztrieb, z. B. *Pinus Tæda*, Fig. 197 *I*, so find die beiden innern Kanten des Querschnittes mehr oder weniger genau unter 120^o zu einander geneigt. Die äußere Kante ist $\frac{1}{3}$ des Kreisumfanges gleich.

Bei fünf Nadeln, *P. Cembra*, *P. Strobus*, Fig. 197 *I* und *IV*, ist der Nadelquerschnitt ein Dreieck;

2^o auch bei denjenigen Coniferen, welche einfach beblättert sind, ist die Form von dem Druck abhängig, welcher während der Entwicklung in der Knospe herrschte, z. B. bei allen *Picea*- und *Abies*-arten (man beachte Fig. 197 *III*, *V*, *VI* und die Figurenerklärung, man beachte die Fig. 151, 152, Blattstellung, oben S. 268). Der Querschnitt der Nadel ist ein Rhombus, ein Rechteck oder ein Polygon, je nachdem der Contact mit vier oder mehr Nachbarn herrschte. Die *Picea*-nadeln sind in dieser Hinsicht am lehrreichsten. An einem und demselben Baum schwankt hier die Form des Querschnittes zwischen den genannten Formen. Die Contactlinie *b* in *V* Fig. 197 kann von der Contactlinie *a* so geschnitten fein, daß die Figur, welche von zwei entgegengesetzt verlaufenden Linien eingegrenzt ist, einen Rhombus darstellt, welcher sich dem Rechteck nähert, aber auch so, daß dieselbe Figur, so in *b*, sich einem spitzwinkligen Rhombus nähert.

Die allgemeinen Züge der anatomischen Gliederung des Blattes liegen in der geringen Ausbildung der Nervatur (selten bis 3 Gefäßbündel). Die parallelen Nerven in dem Blatt sind vollständig von dem grünen Mesophyll eingeschlossen. Alle Gefäßstränge besitzen eine gemeinschaftliche Strangscheide aus dünnwandigem Parenchym, welches als ein Ring mit einer einzigen Zellenlage das Gefäßbündel abgrenzt. Wie bei allen Gefäßkryptogamen springt die Nervatur auch hier niemals über die Außenfläche als Leisten hervor. Die Spaltöffnungen der Epidermis liegen eingesenkt. Unter der Epidermis ist meistens eine einfache Schicht Hypoderma.

Durchaus charakteristisch wird das Coniferenblatt durch die regelmäßig dicht an das Hypoderma gestellten, isolirten oder in zierlichen Ketten und Gruppen geordneten Sclerenchym-(Baft-)fasern, sie stehen im Kranz um jeden Harzcanal, in Ketten an den Kanten der Fichtennadeln, seltener in wenigzelligen Gruppen an der Strangscheide. Ebenso regelmäßig ist die Vertheilung der Harzgänge im Querschnitt, Fig. 197 *b*. Bei der Kiefer liegen drei auf der gewölbten Rückenseite, zwei in den Kanten links und

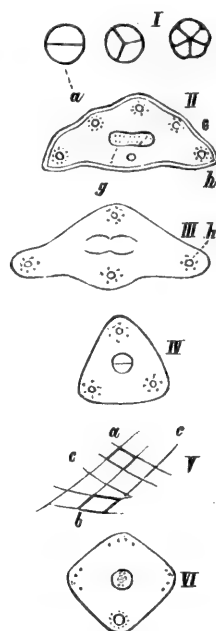


FIG. 197. *I* Querschnitte der Kurztriebe von Kiefern, *Pinus*, *a* zweinadlige, sodann drei- und fünfnadlige, schematisch. *II* Querschnitt der Kiefernnadel, *P. silvestris*, *g* Gefäßbündelscheide, *h* Harzcanal. *III* Querschnitt der Tannennadel, *Abies pectinata*. *IV* Querschnitt der Nadel von *Pinus cembra*. *V* Schema der Contactlinien. *VI* Querschnitt der Nadel von *Picea excelsa*, Fichte.

rechts, einer in der Mediane. Drei Harzgänge liegen in der dreikantigen Nadel von *P. Cembra*, je einer in der Nähe der Kante. Selten ſind zwei unterdrückt. Bei der Fichte wird häufig nur ein in der Kante liegender Gang entwickelt, Fig. 197 VI.

E. Synopsis der Coniferen- und Gnetaceenblüthen.

Wir ſehen den weiblichen Zapfen der Abietineen, Juniperineen als einen Blütenſtand an, welcher bei einigen Familien ſelbſt nochmals zuſammengeſetzt ſein kann, derart, daß die Blüthe erſt als eine Auszweigung der zweiten bis dritten Ordnung auftritt. Die allgemeinen morphotiſchen Züge der von STRASBURGER¹⁾ aufgeſtellten Ordnungen und Familien ſind mit Berücksichtigung der Blattſtellung und der Anatomie in dem Folgenden zuſammengeſtellt. Ueber die Bedeutung der männlichen Blüten gilt dieſ: Je ein Kätzchen, alſo ein Syſtem von mehreren oder zahlreichen Antheren, welche an einer Axe in cycliſcher Folge oder in Wirteln ſitzen, wird als eine Einzelblüthe aufgefaßt. Ein Syſtem von mehreren ſolchen Kätzchen wiederum an einer Tragaxe ſitzend ſtellt den Blütenſtand dar. Dieſe Auffaſſung erſcheint gegenüber der Deutung der weiblichen Inflorescenzen nicht gerechtfertigt, namentlich dann nicht, wenn die Kätzchen mit Sicherheit auf metamorphe, vegetative Lang- und Kurztriebe zurückgeführt werden können, wie dieſ bei den Abietineen unzweifelhaft der Fall iſt. Die Anthere zeigt ungleiche Anzahl von Staubfächern, *Taxus* 5—9; *Salisburia*, *Podocarpus*, *Dacridium*, *Phyllocladus* 2; *Cephalotaxus* 3; *Thuja* und *Cupressus* zeigen 3—4; *Callitris* und *Juniperus* 4; *Thujopsis* 5; *Taxodium* 6; *Sequoia* 4; *Sciadopitys* 2; *Cunninghamia* 3; *Araucaria* und *Dammara* 8—14.

1^o Taxaceen. In dieſem Subtribus ſind einige Arten und Gattungen zuſammengeſtellt, welche ſich in ihrer vegetativen Gliederung an den früher geſchilderten Formencyclus der Abietineen anſchließen, *Taxus*, *Torreya* z. B., während andere Gattungen, *Phyllocladus*, *Podocarpus* und *Ginkgo*, ſich außerordentlich weit von dem typiſchen Bau entfernen²⁾.

Die Taxaceen zerfallen in zwei Unterfamilien, die Taxeen und Podocarpen. Der gemeinſchaftliche Charakter liegt in der weiblichen Blüthe begründet: die Zapfenbildung fehlt, mit Ausnahme von *Cephalotaxus*. Die

1) Die Coniferen und die Gnetaceen, a. a. O.

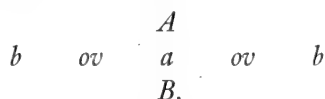
2) Die Sproßfolge von *Phyllocladus* hat Anſchluß an die Cupreſſineen. Das *Phyllocladum* aber beginnt mit ſeitlichen Auszweigungen, welche in Blüten umgebildet ſind, und endigt mit einer gefiederten Blattfläche.

Ginkgo biloba zeigt Kurztriebe mit laubigen Blättern, deren Geſtalt und Nervatur an die Farrenkräuter Anſchluß hat.

Blüthentheile sind, mit Ausnahme von Podocarpus, vollkommen frei. Die fleischige Cupula umgibt, mit Ausnahme von Gingko und Cephalotaxus, die Blüthentheile. Bei Phyllocladus ist das Carpell (Integument) zweispaltig.

Taxen. Cyclisch beblätterte Bäume. Der Fruchtknoten entspringt aus einer Seitenknospe. Bei Taxus ist derselbe von einer fleischigen, nicht vollkommen schließenden Cupula umhüllt. Die Nuß ist zwei- oder dreikantig. In der Blüthe entstehen 2—3 Corpuscula. Die Samenreife ist einjährig. Der Keimling liegt mit der Radicula nach dem Scheitel der Nuß orientirt in dem Rest des Endosperms eingebettet, besitzt zwei Keimblätter, über welchen bald die ersten in verkürzter Spirale stehenden Laubblätter (Primordialblätter) sich entwickeln.

Bei Torreya ist die Blütenbildung complicirter; wenn *A* die Axe des Blütenstandes in der Querschnittsprojection, *B* das Deckblatt, *b b* die Vorblätter, *a* den Axillarsproß, *ov* die Blüthe bedeuten, so ist das Diagramm des Blütenstandes:



Bei Gingko biloba strecken sich die Axillarsprosse, welche zu Blüten umgebildet sind. Die Frucht erscheint gestielt.

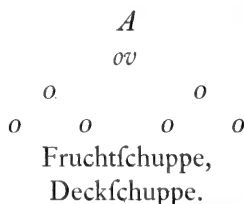
2° Die Podocarpeen bilden die Zweige flächenartig aus (Cladodien, Phyllodien). Die Blüten entstehen an diesen als die unteren Auszweigungen in den Achseln von Tragblättern. Der Eikern ist von zwei verwachsenen Carpellblättern und einer fleischigen Cupula eingehüllt. Cupula und Carpellblätter entbehren der Strangausläufer aus der vegetativen Region. Die Deckblätter werden bei Podocarpus fleischig. Die orthotrope Eikernspitze ist nach unten gewendet.

3° Die Araucarien mit cyclisch beblätterten Stämmen besitzen im Blütenbau wenig Anschluß an die verwandten Gruppen. Die Blüten stehen in der Achsel zu zwei oder drei, die Mikropyle ist nach unten gekehrt. Bei Araucaria excelsa wird der ganze Axillarsproß mit feinen Blüten im Verlauf der Entwicklung mit dem basalen Theil des Deckblattes emporgehoben. Die Blüthe wird dabei umgekehrt. Araucaria besitzt geflügelte Deck- und Fruchtschuppen. In dem Eikern sind vier bis acht Corpuscula enthalten.

4° Die Cupressineen (enthalten die Juniperineen der älteren Autoren) sind in ihrem vegetativen Charakter durch die decussirte Wirtelstellung ausgezeichnet. Bei Thuja, Biota, Thujopsis sind die Blätter verschieden-gestaltig (s. oben S. 333), bei Juniperus, Cupressus und anderen dagegen gleich. Der bilaterale Schluß der Blätter, welcher den Thujaarten sonst

streng zukommt, wird erst nach der ersten Keimphase eingehalten. Sparrig abstehende Zweige kommen bei einigen Varietäten mit den bilateralen auf dem gleichen Individuum vor. Die Zapfenbildung geschieht durch decussirt in zwei- oder dreigliedrigen Wirteln stehende Deckschuppen, welche trockenhäutig (Biota) oder angeschwollen und verholzt (Cupressus) oder saftig, fleischig (Juniperus) werden. Mit der Deckschuppe ist die Fruchtschuppe verwachsen. Der Zapfen, beziehentlich die Scheinbeere der Cupressineen, ist eine zusammengesetzte Inflorescenz¹⁾. Die Blüthe besteht aus dem aufrechten Eikern mit 1—2 Integumenten. Bei Juniperus alterniren die Ovula scheinbar mit der Deckschuppe.

Cupressus besitzt eine cymöse Inflorescenz, die oberste Blüthe steht in der Mediane der Schuppe, es folgen sodann mehrere seitliche. Dieser Blütenstand entspricht einem Glomerulus:



Der Eikern bildet 20 und mehr Corpuscula, welche in einem spindel- oder tonnenförmigen Raum dicht zusammengestellt erscheinen. Der Pollenschlauch treibt eine kleine Papille in jedes Corpusculum. Die Samenreife erfordert ein Jahr. Die Keimpflanze von Thuja, Juniperus besitzt nur zwei Cotyledonen.

5^o Die Taxodieen sind cyclisch beblättert. Die Zapfen mit spiralig geordneten Schuppen. Der axillare Blütenstand schließt sich an das Schema für Cupressus an, unterscheidet sich durch die Gegenwart von nur drei Blüten, welche aufrecht stehen und mit schwach geflügeltem Fruchtknoten versehen sind. Zur Zeit, wo die Differenzirung der Blüthe vor sich geht, ist die Fruchtschuppe in der Achsel der Deckschuppe noch nicht gebildet. Der Axillarsproß zeigt bei den zweiblühigen Kryptomerien den Vegetationspunkt mit zwei seitlichen Sproßungen, den Eikernen der Blüten. Erst nachdem diese angelegt sind, entwickelt sich die Fruchtschuppe an der Basis der Deckschuppe. Die Verwachsung der beiden Schuppen ist hier noch vollständiger als bei den Cupressineen.

Kryptomeria, DON.; Glyptostrobus, ENDL.; Taxodium, RICH.

6^o Die Sequoieae (Sequoia, ENDL.; Arthrotaxis, DON.) sind durch Sequoia mit Taxodium verbunden. Die Zapfenschuppen sind schildförmig

¹⁾ Wir definiren vorgreifend den Blütenstand, Inflorescenz, als ein System von Zweigen, deren letzte Ordnungen in Blüten umgebildet wurden.

in einen Stiel verschmälert, auf der Schildfläche mit einem vorspringenden Wulst (Apophyse) versehen. Die Blüten, in der Anzahl von fünf bis acht, stehen zu beiden Seiten der Mediane auf der Innenseite am Stiel der Schuppe befestigt. Die Fruchtschuppe entsteht auch hier zuletzt, im Beginne kleiner, überragt aber zuletzt die Deckschuppe. Die Blüten, im Anlagezustand aufrecht, werden im weiteren Verlauf der Entwicklung umgekehrt.

7^o Die *Sciadopiteae* (*Sciadopitys*, SIEB. et ZUCC.) schließen, wenn von der Anatomie der Nadeln zunächst abgesehen wird, an die *Abietineen* an. Die Zapfenschuppen stehen cyclisch. Die Fruchtschuppe verhält sich wie bei den *Abietineen*. Auch in den vegetativen Kurztrieben ist ein Anschluß an *Pinus* dargethan. Ein Unterschied ergibt sich in der Verwachsung von Deck- und Fruchtschuppen und darin, daß bei *Sciadopitys* mehrere freie, geflügelte, nicht mit dem Fruchtblatt verwachsene Blüten gebildet werden. Auf die auffälligen Sclerenchymfasern im Blatte wurde oben (S. 355) aufmerksam gemacht.

8^o *Abietineae* (*Pinus*, L.; *Larix*, LK.; *Cedrus*, LK.; *Pseudolarix*, GORD.; *Picea*, LK.; *Tsuga*, ENDL.; *Abies*, LK.). Die gemeinschaftlichen Züge dieser artenreichen Familie liegen in dem Zapfenbau. Die vegetative Gliederung dagegen ist nach den oben (S. 334) zusammengestellten Formenkreisen sehr mannigfach. Der *Abietineenzapfen* entsteht als ein Axillarsproß an dem Triebe, welcher sich im laufenden Jahre entwickelt. Er steht in der Regel in der Nähe der Endknospe dieses Triebes, bei den Kiefern gelegentlich wohl auch in der Mitte desselben. Um die Stellung und Entwicklung des Zapfens zu erklären, denken wir uns in *K* eine Knospe an einem solchen Zweig, welche im nächsten Frühling sich entfaltet und streckt, im Winter betrachtet. Dieselbe ist eingehüllt in ein Convolut von Niederblättern (den Knospenschuppen), sie bildet eine Reihe von Nadeln, deren Axillarsprosse bei der Kiefer zu den Kurztrieben werden, endlich vegetative Knospen, welche nach der Entfaltung des Triebes ruhen, um ein Jahr später zu Langtrieben zu werden. In der Region dieser Knospen stehen die Zapfen, dieselben werden im August bis September des vorhergehenden Jahres angelegt. Die Zapfenaxe beginnt ihre Entwicklung mit einem Convolut von Niederblättern, sodann entstehen die Deckschuppen. So überwintert der Zapfen in der Knospe und bildet im nächsten Frühling die Fruchtschuppen. In der Achsel dieser entstehen die Blüten an einem Achselsproß, welcher zwei Fruchtblätter und zwei Eikerne anlegt. Durch ein gesteigertes Wachstum der Außenseite kommt der kegelförmige Kiel des Achselsprosses so zu liegen, daß seine Spitze nach unten deutet. Auch die Blüten werden umgekehrt, so daß die Mikropyle nach unten zu liegen kommt. Die Bestäubung erfolgt im Frühling, nach Beobachtungen STRASBURGER's wird in jeder Fruchtschuppe ein Tröpfchen flüssiges Secret ab-

geſchieden, in welchem die anfliegenden Pollenkörner haften, dasſelbe verdampft und läßt die Pollenkörner in der Mikropyle liegen (die Embryologie ſ. oben S. 319). Alle Abietineen bilden zwei Corpuscula, welche in der Mediane oder in einer Ebene liegen, welche ſenkrecht zur Medianebene ſteht (vergl. Fig. 179 oben).

9^o Die Gnetaceen vermitteln in ihrem Blüthenbau den Uebergang nach den eigentlichen Blüthenpflanzen. Die Blüthen ſind zwittrig (androgyn) oder eingſchlechtg. Sie ſtehen bei Ephedra im Scheitel der vegetativen Pflanze zu zwei als Axillarsproßgebilde. Der Vegetationspunkt der tragenden Axe geht nach der Anlegung der Blüthen ein. Die aufſteigende Entwicklung läßt ſich in dieſer Reihe etwa darlegen:

I. Ephedra, zweihäufige Form: mehrere männliche Blüthen, jede Blüthe aus einer mehrfächerigen Anthere beſtehend und von einem tutenförmig verwachſenen Hochblatt (Involucrum) umgeben, ſtehen im Scheitel des Zweiges von mehreren Hochblättern (Deckblättern) in zwei decuffirten Wirteln geſtützt.

Die weibliche Inflorefcenz im Scheitel des Zweiges beſteht aus zwei Eiknoſpen, welche aus den oberſten Axillarsproſſen hervorgehen. Jede Knoſpe erhält zwei Integumente, welche aus Blattgebilden entſtehen, das innere wird von STRASBURGER als das Fruchtblatt (Fruchtknoten), das äußere als die Blüthenhülle angeſehen.

II. Welwitschia: in der verbreiterten Axe ſteht die aufrechte Eiknoſpe von zwei Hüllen umgeben in die Axe eingefenkt, auf dem Rande der verbreiterten Axe ſtehen die männlichen Blüthen als mehrfächerige Antheren. Das ganze Syſtem iſt von mehreren Deckschuppen, welche in Wirteln geordnet ſind, umgeben.

Zu den merkwürdigſten Formen im ganzen Pflanzenreich gehört die von HOOKER genauer beſchriebene Welwitschia mirabilis (von Weſtafrika). Es iſt dieſs ein Baum, welcher gewiſſermaßen in den Kinderſchuhen während mehrerer Jahrzehnte ſtecken bleibt. Der Stamm, nur wenige Centimeter hoch, erfährt einen dauernden Zuwachs. Die beiden Cotyledonen dauern während des ganzen Lebens, ſind bis 3—4 Fuß lang, flach auf der Erde aufliegend. Jede weitere vegetative Auszweigung, mit Ausnahme der Blüthenbildung, fehlt. Die Blüthenſtände ſind Axillarproucte der Keimblätter. Der Stamm erfährt einen periodiſchen Zuwachs in die Dicke und iſt an der Spitze verbreitert.

10^o Die Cycadeen bilden einen Verwandſchaftskreis von Bäumen der tropiſchen Zone, welche wie die Gnetaceen, aber in geſtaltlich ausgeſprochenere Weiſe, einerſeits nach den Blüthenpflanzen, andererseits nach den Coniferen den Anſchluß vermitteln. Die Wuchsform iſt die der baumartigen Farrenkräuter, der Stamm iſt meiſt unverzweigt, zeigt ebenſo Aehn-

lichkeit mit denjenigen Palmen, welche eine scheitelftändige Blätterkrone von Rosettenform bilden. Das Blatt ist gefiedert, derbwandig, die anatomische Structur des Stammes ist durch mehrere Cambiumringe ausgezeichnet. In der Blattanatomie kommt der bilaterale Bau der dicotylen Baumblätter in der Bildung des nach der Oberseite gelegenen Chlorophyllpallifadenparenchyms, in der Anlegung der eingefenkten, mit mächtigem Vorhof versehenen Spaltöffnungen zum Ausdruck.



Vierte Abtheilung: Blütenpflanzen.

Metamorphose und Anpassung der drei Organe Stamm, Blatt, Haar bei den Blütenpflanzen.



Die drei sichtbaren Organe Stamm, Blatt, Haar und alle aus diesen hervorgehenden Umwandlungsgebilde zeigen in ihrer Entstehung dieses Verhalten: der Stamm ist das primäre Gebilde. Das Blatt entspringt am Scheitel des Stammes. Das Haar ist ein Oberflächengebilde am Stamm und Blatt. Es entspringt aus den Hautgeweben. Die Gefäßbündel von Stamm und Blatt stehen in gegenseitiger Verbindung, den Hautgebilden dagegen, Haaren (Trichomen), fehlt das Gefäßbündel. Es möge hier die Aufgabe gestellt sein, die allgemeinen Umwandlungen und Anpassungen der drei Organe zu betrachten.



§ 28. Anpassung und Metamorphose des Stammes.

Der Stamm zeigt von den niederen nach den höheren Pflanzen diese Anpassungen:

I. der Knospenschluß durch metamorphe, scheitelbürtige Niederblätter fehlt den Charen, Moosen, allen Gefäßkryptogamen, den Cupressineen (Juniperineen). Er tritt zuerst auf bei den Abietineen und bleibt nun mehr oder weniger streng gesetzmäßig bei allen perennirenden Pflanzen, mit Ausnahme vieler perennirender südländischer Bäume;

II. ein gesetzmäßiges Anstreben der vortheilhaftesten Stellung der Zweige, Blätter. Die constante Blattstellung herrscht von den Moosen ab durch alle höheren Pflanzen;

III. die Verschiebung in der Entwicklung der Axillarsprosse um ein Jahr, bei allen höheren perennirenden Pflanzen von den Coniferen ab;

IV. die gefetzmäßige Ausbildung aller Axillarsprosse von den Monocotylen- ab kommt zur vollen Geltung bei den Dicotylenbäumen;

V. die Anpassung an das Wasser kommt bei den höheren Kryptogamen nur bei *Salvinia*, *Pilularia* (Charen und einigen Moosen) vor, sie erreicht bei den Phanerogamen erhöhten Ausdruck, z. B. Lemnaceen, fluthenden Potameen und zahlreichen andern;

VI. die Waffenbildung aus metamorphen Stämmen, Blättern fehlt bis zu den Phanerogamen (den Gefäßkryptogamen und Coniferen vollständig).

A. Von den niederen nach den höheren Pflanzen nimmt die Differenzierung am Vegetationspunkt zu.

Mit der Erhebung des Stammes über die Moose hinaus beobachten wir das allmähliche Zurücktreten der Segmentirung am Scheitel. Die Knospe neigt mit dem Wachsen ihrer Aufgabe zur Vielzelligkeit.

Da in dem Vegetationspunkt der höheren Pflanzen alle Formkeime angehäuft sein müssen, eben weil aus ihm wechselnd Blätter, Zweige und deren metamorphe Gebilde, ferner Haare, im Verlauf der weiteren Gliederung Wurzeln hervorgehen, so ist die Tendenz, die Verjüngung im Scheitel durch viele Zellen zu besorgen, begreiflich.

Die Scheitelzelle geht mit bis zu den Farrenkräutern inclusive, Fig. 128, 129, aber schon bei diesen geht durch das mächtige Dickenwachsthum ganz in der Nähe der flachen Knospe die streng geometrische Segmentirung verloren. Das Blatt tritt als Zellenwarze in einiger Entfernung von der Scheitelzelle und durch viele Zellen von ihr getrennt, zuerst auf (f. Fig. 128 bei den Farrenkräutern).

B. Neigung zur Vielzelligkeit des Vegetationspunktes.

Der Vegetationspunkt aller höheren Pflanzen ist ein vielzelliger Hügel, an welchem die Blätter und Axillarsprosse in akropetaler Folge auftreten.

Nur selten wohl machen die Dicotylenstämme hievon eine Ausnahme, so z. B. bei der wasserbewohnenden *Utricularia*, Fig. 198, wo der schlanke Vegetationspunkt spiralig eingerollt, bis in die Nähe der Spitze auf der Rückenfläche und weit über den Entstehungsort der jüngsten Blätter behaart ist. Hier ist der Scheitel von einer oder wenigen Scheitelzellen beherrscht, in deren Nähe, so in I und II, die Segmentirung und die erste Anlegung der Zellen des Hautgewebes deutlich erkannt werden.

Gegenüber dem einzelligen Vegetationspunkte der Laubmoose, z. B. Fig. 112, zeigt sich die Vielzelligkeit bereits bei den Pellien, Marchantien

u. a. m., Fig. 109, und bei den Florideen und manchen Fucaceen (Dictyoteen), f. oben S. 200.

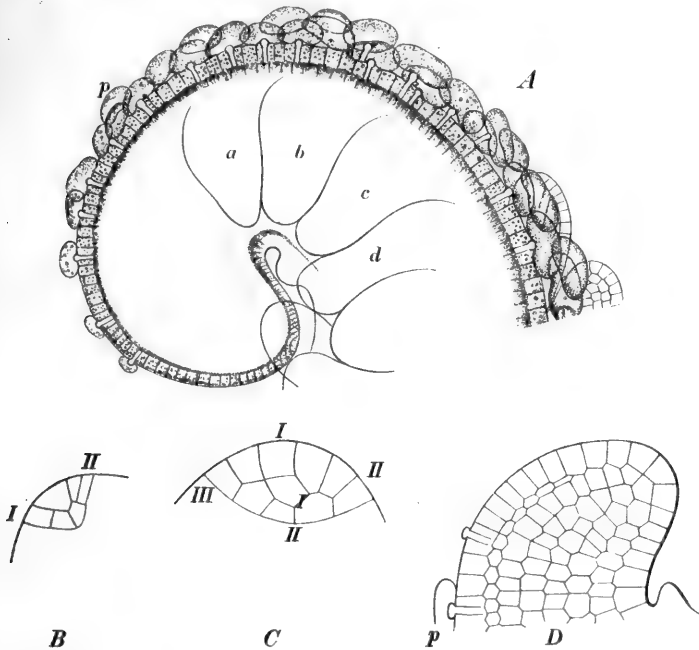


FIG. 198. *Utricularia vulgaris*. *A* die eingerollte Knospe des Stammes, welcher auf der Außenfläche zahlreiche knopfförmige Haare trägt, auf der Innenseite stehen die Seitenprofile in akropetaler Folge, *a* der oberste jüngste, *b c d* die älteren. *B* und *C* Scheitelzellgruppen der Axe, *I II III* die Zellengruppen, welche den Segmenten entsprechen. *D* Seitenzweig mit der bis nahe an den Scheitel hervorragenden Platte des Hautgewebes und den Haaranlagen *p*. (Nach PRINGSHEIM, Zur Morphologie der Utricularien aus dem Monatsbericht der Königl. Ak. d. Wiss. Februar 1869.)

Jedenfalls wird sich von den ächten Scheitelzellen nach der Anordnung, wie wir sie bei den Phanerogamen finden, ein stetiger Uebergang nachweisen lassen.

Bei den Phanerogamen zweigt sich das Blatt erst in Folge einer größeren Reihe von Theilungen von dem Scheitel ab, niemals oder nur in Monstrositäten so, daß der Vegetationspunkt sich in zwei gleiche Hälften gabelt.

In dem Längsschnitt findet man dann stets das theilungsfähige Gewebe (Urmeristem der früheren Autoren, Plerom nach HANSTEIN), etwas tiefer als der geometrische Scheitel gelegen, *g ff*, und die numerirten Zellen der Fig. 199 bezeichnen die Lage dieser Gewebeparthieen. Dieser Durchschnitt zeigt den Vegetationspunkt einer decussirt beblätterten Pflanze des *Viscum album*. Das Wachsthum und das Auftreten von zwei Blattanlagen kurz vor dem Zeitpunkt der Beobachtung sind hier durchaus symmetrisch vertheilt, bezogen auf eine Ebene, welche durch die Zahlengruppe *1 1, 2 2* gelegt wird.

Da vor nicht langer Zeit die beiden schwach gewölbten Blatthügel noch zu dem Vegetationshügel gehörten und mit dem jetzt zwischen *i i* gelegenen Rest ein Ganzes bildeten, so geht aus dem jetzigen Entwicklungszustand hervor, daß mit dem Auftreten je eines Blattes, beziehentlich eines Blattwirtels, der Raum, welchen der Vegetationspunkt einnimmt, verkleinert wird. Da die Mediane des nächsten Wirtels in der Fig. 199 fenkrecht zur Me-

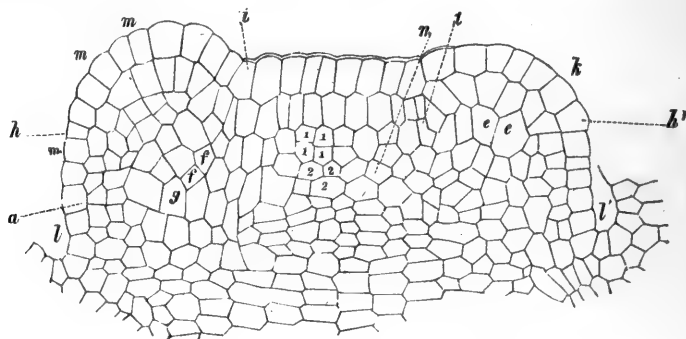


FIG. 199. *Viscum album*. Längsschnitt durch den Vegetationspunkt. Ueber dem Niveau *h h'* befinden sich die jüngsten Blattwarzen, welche einem Blattwirtel angehören, *m m* die Zellen, welche das Hautgewebe bilden, *f f g* und *e e* die vermehrungsfähigen Zellen im Innern der Blattanlagen, *1 1*, *2 2* Zellengruppen im Vegetationshügel, welche durch Theilung kürzlich entstanden sind.

diane des Blattwirtels, welcher soeben sichtbar ist, steht, so muß der übrige zwischen *i* links und *i* rechts belegene Theil des Vegetationspunktes in der Richtung dieser Mediane wachsen, was in dieser Region fast nur durch geringe Größenzunahme und häufige Theilung der Zellen des Urmeristems, Pleroms, erzielt wird. Mit dem nächstfolgenden Blattwirtel muß die bezeichnete, in der Fig. 199 zwischen den Blatthügeln gelegene Parthie des Vegetationshügels wieder zum vollen Raume *m i n k* heranwachsen, wenn das System sich selbst ähnlich, wie doch durch die natürlichen Verhältnisse gefordert ist, weiterwachsen soll.

Die äußerlich sichtbare Differenzirung zwischen Blatt und Stammspitze beruht sonach darin, daß eine vielzellige Gewebegruppe durch nachträgliche Streckung sich über die Stammspitze um etwas erhebt, so in der Fig. 199, oder daß umgekehrt die Stammspitze um etwas über das Einfügungsareal des jüngsten Blattes fortwächst, Fig. 198. Schlanke Vegetationspunkte kommen allen rasch wachsenden Pflanzen zu, so namentlich den Gräsern, Hippurideen, Ceratophylleen, Utricularieen (Fig. 198). Hier machen sich die ersten Blattwarzen erst weit hinter der Spitze kenntlich.

Flache Vegetationshügel kommen allen Waldbäumen, den Palmen, den Farrenkräutern, den eingefenkten Blüten, den Compositeninflorescenzen zu. Im Allgemeinen: je rascher das Längenwachsthum erfolgt, um so mehr

ist der Vegetationshügel ein steiler Kegel; je langsamer das Längenwachstum erfolgt, um so mehr flacht sich, so namentlich im Winterzustand der Baumknospe, der Vegetationshügel ab.

Von oben gesehen ist die Blattwarze von dem Vegetationshügel durch einen im Beginn flachen, später tieferen Sattel getrennt. Fig. 200 *n n'*.

Betrachten wir die Scheitelanficht einer Baumknospe Fig. 201, z. B. *Fraxinus*, ein Baum mit zwei-, feltener dreigliedrigen Wirteln, so liegt in

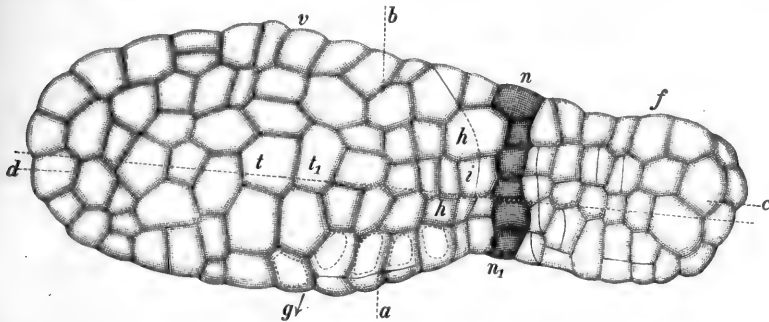


FIG. 200. Flächenansicht des Vegetationshügels von *Dianthus plumarius*. *f* die Blattanlage, durch den Sattel *n n'* vom Scheitel *v* getrennt, *t t'* Scheitelzellen des Dermatogens (nach der HANSTEIN'schen Bezeichnung). In den Zellen der Blattwarze sind diejenigen, welche sich soeben theilten, kenntlich durch die neuen Scheidewände.

dem Areal *d d* der geometrische Scheitel, von welchem ab der Hügel nach drei Seiten in die Böschung abfällt, deren Basis durch die jüngsten Blätter *f, f,, f,,,* besetzt ist; in den Intervallen dieser Blätter müssen später die Axillarknospen stehen, welche zu den Blättern des nächstälteren Wirtels *F F'* gehören. Man erkennt zur Zeit, wo eben die jüngsten Blattanlagen gebildet werden, diese Anlagen noch nicht.

Die Axillarsproßbildung demonstriert am besten das Bestreben, in dem Tragsproß, relativen Hauptproß, die größte Intensität zu entfalten, den Seitenzweig der nächsten Ordnung möglichst zu beschränken (äußerster Verlust der Dichotomie).

Das Herabsinken der Stammsprosse wird sich leicht in einem späteren Abschnitt als eine adaptive Neigung an die climatische Periode nachweisen lassen.

Bemerkenswerth ist:

1° daß in den aufrechten Farren mit flachem Scheitel, wo eine Periode der Blatterhebung aus der Nieder- in die Laubblattregion nicht existiert, eine Gabelung und Verzweigung des Stammes aus dem Scheitel fast niemals vorkommt;

2° daß in den von der climatischen Periode mehr unabhängigen Abietineen der Axillarsproß eine geringere Bedeutung hat. Er kommt dort nur vereinzelt an bestimmten Orten oder zerstreut zur Ausbildung.

Die große Mehrzahl der Blätter bildet denselben nicht aus. Vollständiges Fehlschlagen der Axillarsprosse kommt freilich schon bei den höheren Kryptogamen, so namentlich bei den Farrenkräutern und endlich bei den Cycadeen vor.

Auf der Gegenwart eines Axillarsproßrudiments in der Achsel eines jeden Blattes beruht die Möglichkeit der Vielgestaltigkeit der Verzweigung der rasenbildenden Formen der arctischen und hochalpinen Zone, Saxifrageen, Alfineen u. a. m. zu den Sträuchern und der reichgliedrigen Baumkrone, sowie die Möglichkeit der Verjüngung aus allen Regionen der Pflanze.

Die höchste morphotische Erhebung der Auszweigung liegt in der Rispenform des Baumes, wo das Axillarsproßsystem jedes Laubblattes mindestens eine Knospe ausbildet, während das Rudiment zum Axillarsproß selbst in der Achsel jedes Nebenblattes bei den Salicineen, Cupuliferen u. a. m. schlummert.

Jede Zweigknospe der Bäume unseres Klimas befindet sich zur Zeit der Blattentfaltung in dem Zustande einer Hauptaxe, um welche die nächsten Seitenzweige sich einhüllen und in der Entwicklung ein volles Jahr zurückbleiben.

Von einer gegebenen Knospe im ersten Jahre ausgehend spielen sich folgende Proceße am Vegetationspunkt ab:

April 1873 October	April 1874 October	April 1875 October
Blattentfaltung bis Blattfall.	Blattentfaltung bis Blattfall.	Blattentfaltung bis Blattfall.
I. Hauptsproß schließt sich, d. h. Blätter und Axillarsprosse werden angelegt.		
II. Hauptsproß entwickelt die Blätter, Axillarsproß schließt sich.		
	III. Hauptsproß entfaltet und verliert die Blätter und schließt sich wieder. Axillarsproß füllt sich.	
	IV. Hauptsproß wie in der analogen Periode II, Axillarsproß wie der Hauptsproß in II.	
		V. Hauptsproß wie III, Axillarsproß wie der Hauptsproß in III.

Es ist hieraus leicht einzusehen, daß unsere Baumzweige einmal in dem Achrenzustand sind, um ein Jahr später in den Zustand der Rispe,

eventuell der Doldenrispe zu treten (vergl. Entw. d. Baumkrone Bd. I dieses Handbuches S. 374 ff. und Fig. 375).

Da der Hauptsproß denselben Proceß stetig (oder periodisch) wiederholt, der Axillarsproß um ein Jahr später in die Phase des Hauptsprosses tritt, so entstehen Baumsysteme von eigenthümlichem Charakter, deren strengster Typus die Ulme ist; von dieser nach der Linde, Buche, Hainbuche, Hasel wird die symmetrische Aftstellung mehr und mehr verwischt. Der Hauptzug dieser letzteren ist, daß alle Zweige der ersten, zweiten bis zur dritten Ordnung der morphologischen Anlage nach in einer Ebene liegen.

Eiche, Erle, Pappel, Weide hingegen folgen demselben Modus der Auszweigung, aber ihre Zweige divergiren nach mehreren Richtungen.

Entsprossen auf gleicher Höhe zwei Zweige, so entsteht ein Auszweigungssystem, welches unter den Bäumen durch Aesculineen, Sambuceen, Syringen und viele andere vertreten ist; ersicht der Hauptsproß, so erscheint der Stamm gegabelt, Aesculus, Fig. 73. Hierbei aber ist zu beachten, daß die beiden Gabeln nicht aus einer Dichotomie des Hauptsprosses hervorgehen (vergl. oben S. 138).

So gehen häufig an alten Buchenstämmen gesetzmäßig die Hauptsprosse der letzten Zweige ein und der nächstniedere Axillarsproß übernimmt, aber nur auf ein Jahr, die Rolle des Hauptsprosses. Diese Einschränkung kommt in der höchsten Entfaltung im Blütenstand in Betracht. (Die Linde bildet nur Sympodien, ebenso der Wein, Vitis, die Ulme und alle solche mit terminalem Blütenstand.) Ueberall wo die Hauptknospe in eine Blüthe oder den Blütenstand übergeht, ist das Längerwachsthum und alle vegetative Verjüngung abgeschlossen. An dem Sproß muß eine tiefer stehende Axillarknospe, welche nur Laubblätter bildet, die vegetative Verjüngung übernehmen.

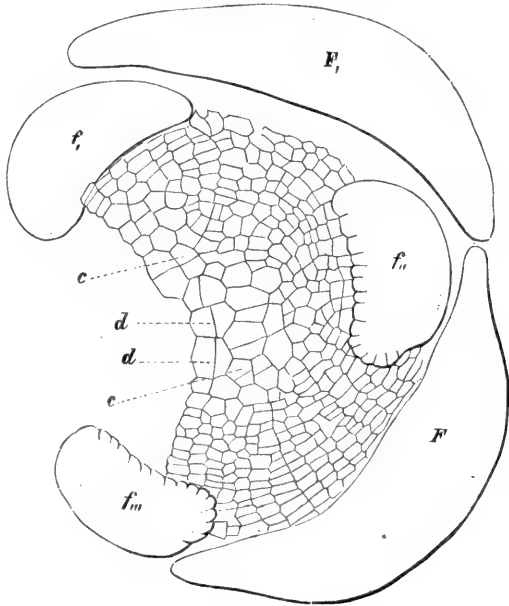


FIG. 201. Scheitelansicht der Knospe von *Fraxinus excelsior*. f, f, f' die jüngsten Blätter des innern dreigliedrigen Wirtels, F, F die Blätter des nächsten Wirtels, d, d die scheitelständige Zellengruppe des Dermatogens, in welcher vorzugsweise Theilung herrscht. In der Böschung und namentlich an der Basis des Vegetationshügels zwischen f'' und f''' sind die Zellen radial geordnet, dort entsteht der Axillarsproß zu F .

C. Die Anpassung an die climatische Periode.

Der Knospenschluß unserer Waldbäume ist eine Anpassung, durch welche periodisch die Blattregion in ihrer gestaltlichen Entfaltung mit der Temperaturperiode der gemäßigten Climate sinkt und wächst.



FIG. 202. *Fraxinus excelsior*. Längsschnitte durch die Knospe: I am 1. Februar, II am 18. April, III am 2. Mai, VI am 16. September. *v* Vegetationshügel, *a a'* Axillarknospen, *f* Blatt. Im ersten Stadium I ist die Knospe noch nicht vollständig gefüllt. In II dagegen sind alle Blätter angelegt und auch die Axillarsprosse *a a'* sind in der Bildung begriffen. Im Stadium III ist die Knospe soeben im Begriff sich zu schließen, nachdem der laufend-jährige Trieb sich gestreckt hatte. In IV ist sie wieder abgeflacht, von zahlreichen Blattanlagen umgeben.

Die in der Größe, der Verzweigung der anatomischen Structur durch rudimentäre Gefäßbündel ausgezeichneten Niederblätter, die Knospenschuppen, entstehen wie die Laubblätter an demselben Vegetationspunkt, sie bilden das Minimum der Entfaltung, die reichgegliederten grünen Laubblätter entsprechen dem Maximum der inneren und äußeren Gliederung.

Von Interesse ist, daß den Gefäßkryptogamen jedes Rudiment der Niederblätter abgeht. Durch die Kleinheit der Niederblätter, durch die geringere Streckung der Interfolien in der Niederblattregion unserer Waldbäume entsteht ein fester Charakterzug, der hie und da durchbrochen wird, indem die Knospenschuppe zur Hälfte laubblattartig entwickelt wird.

1. Knospenschluss.

Die Knospe durchläuft im Jahre diese Formenreihe: sie ist in VI, Fig. 202, gegen Ende des Sommers bereits mit der Anlegung der ersten Laubblätter für das nächste Jahr beschäftigt. In VI sind die oberen Axillarsprosse noch nicht deutlich differenzirt. In II aber, kurz vor Knospenaufbruch (April), ist dieß geschehen; in III endlich ist sie erschöpft (nach der Blattentfaltung). Alle Gebilde der Zustände I—III und VI sind in der Streckung befindlich, der Vegetationspunkt hüllt sich von Neuem in die Niederblätter ein. Dabei macht sich immer die oben erwähnte Formänderung geltend. Je rascher der Zuwachs in der Länge erfolgt, um so mehr strebt die Knospe einem spitzen Kegel zu.

Die Periode dieses Schlusses ist sehr verschieden; derselbe vollzieht sich verhältnißmäßig langsam bei den Abietineen, den Pappeln u. a. m., den Juglandeem, Bignoniaceen der südlichen Zone; er vollzieht sich rascher bei

Buche, Eiche, Birke, allgemein bei den nördlichen Holzarten, wiewohl auch hier ein Unterschied in der Zeit leicht zu beobachten ist.

Rhus, *Sarothamnus*, *Sambucus* besitzen einen unvollständigen Uebergang von der Laubblatt- nach der Niederblattregion. *Viburnum Lantana* entbehrt deselben vollständig. Fig. 203 IV.

Im Allgemeinen herrscht keine Regel über diese Umwandlung für südliche Pflanzen. In einer Gattung kommen Bäume mit deutlicher Niederblattbildung vor und solche, wo dieselbe ausbleibt. Als Beispiel *Viburnum opulus* mit deutlichen Niederblättern, *Viburnum Lantana*, bei welcher die Niederblätter ganz fehlen.

2. Der Knospeninhalt.

Aus der vorstehenden Discussion geht hervor, daß zwischen den zwei Niederblattregionen, welche für das gegebene und das nächstfolgende Jahr als Knospenschuppen die Stammspitze schützen, die Laubblattregion mit solchen Axillarsprossen eingeschaltet liegt, welche ein Jahr lang ruhen, um dann im nächsten Jahr in gleichem Sinne wie die Hauptknospe sich zu entfalten. Nennen wir *K* die Hauptknospe, *k* die Nebenknospe, welche in der Achsel eines Laubblattes steht, *L* die Laubblätter und schreiben *L(k)* für eine beliebige Anzahl Laubblätter, von welchen jedes einen für die laufende Sommerperiode ruhenden Axillarsproß trägt, so können wir den Inhalt der Hauptknospe im einfachsten Fall durch eine Summenformel ausdrücken:

XV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$$I^0 \quad K = N + L(k) + N^1 \rightarrow.$$

Hier bedeuten *N* die Niederblattregion vor, *N*¹ dieselbe nach der Anlegung der Laubblätter. Der im Sinne der Formel fortlaufende Pfeil bedeutet, daß die Knospe fortfährt, Laubtriebe zu bilden. Der XV. Entwicklungscyclus, welcher durch diese Formel ausgedrückt ist, kommt der weitaus größten Mehrzahl der Laubbäume zu. Monopodiale Verzweigung.

In manchen Bäumen erschöpft sich die Hauptknospe kurz nach der Laubentfaltung ganz gesetzmäßig, so daß der Endtrieb mit mehreren foeben

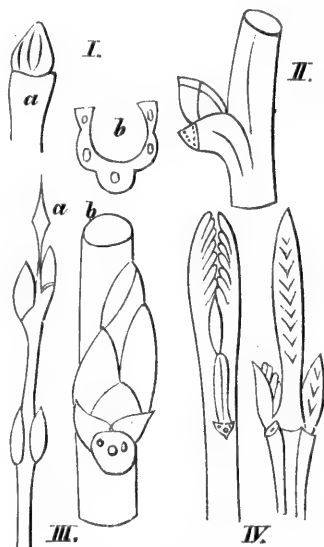


FIG. 203. Winterzustand einiger Zweige. I a Endknospe der Platane, b Blattnarbe des stengelumfassenden Nebenblattes. II *Cydonia*, der Blattstiel ist zur Zeit des Blattfalles etwas über der Blattbasis gebrochen. III *Rhamnus cathartica*, a die Endknospe in einen Dorn umgebildet, b Seitenknospe mit der Blattnarbe. IV die nicht geschlossene Winterknospe von *Viburnum Lantana*.

in der Entfaltung begriffenen Blättern mit einer glatten Narbenfläche abfällt. Es kommt dann nicht zum Schluß der Hauptknospe, die obere Seitenknospe übernimmt für das nächste Jahr die Function der Hauptknospe. Dieß ist die einfachste Form der sympodialen Verjüngung.

XVI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

2⁰

$$K = N + L(k) \leftarrow$$

$$k = N + L(k) \leftarrow \text{u. f. f.}$$

Der Pfeil ist einwärts gerichtet. So verhalten sich *Tilia*, *Ulmus*, *Celtis*, *Morus* (vergl. Bd. I d. Handbuchs, S. 383, Fig. 380).

Der nächste Schritt der Entwicklung macht sich darin kenntlich, daß ein Theil oder alle Axillarsprosse voreilen und gleichzeitig mit dem Tragproß ihre Blätter entfalten.

Schreiben wir L , L^1 , L^2 die aufeinander folgenden Laubblätter, vk den voreilenden Axillarsproß, so erhalten wir mit Berücksichtigung der Formeln 1⁰ und 2⁰:

XVII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

3⁰

$$K = N + L(k) + L(vk) + N^1 \rightarrow,$$

4⁰

$$K = N + L(vk) + L(k) + N^1 \rightarrow,$$

5⁰

$$K = N + L(k) + L(vk) + L(k) + N^1 \rightarrow,$$

d. h. es kommt vor, daß einige Axillarsprosse voreilen in der oberen Region (3⁰), oder es entwickeln sich die voreilenden in der unteren, oder endlich sie entwickeln sich in der mittleren Region des tragenden Zweiges.

Der Axillarsproß zeigt drei Umbildungen: er wird zum anfangs beblätterten oder nackten Dorn, er wird zur beblätterten oder nackten Ranke, oder er wird zur Inflorescenz oder Blütenaxe.

In den ersten zwei Fällen eilt er vor. Als Blüthe oder Blütenstand kann er voreilen oder ruhen bis zur nächsten Vegetationsperiode.

Leiten wir die Seitenblüthen oder Inflorescenzen von der Hauptknospe K her, so erhalten wir als Hauptformel diese:

XVIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

6⁰

$$K = N + L(k) + \text{Infl.} \leftarrow, \text{ erstes gegebenes Jahr}$$

$$k = N + L(k) + \text{Infl.} \leftarrow, \text{ zweites Jahr.}$$

In diesem Fall, welcher bei den Oleaceen, Aesculineen, Rhododendreen u. a. m. vorkommt, besteht von dem Zeitpunkt der Mannbarkeit an überhaupt keine überwinternde Endknospe. K ist eine zwar am Ende stehende Seitenknospe, wie die Formel für das zweite Jahr andeutet; einmal aber, nämlich im Beginn der Mannbarkeit, geht die wirkliche Hauptknospe in die Bildung

der Inflorescenz zum ersten Male ein. Von jetzt ab ist alle vegetative Verjüngung an dem System auf die Axillarsprosse übertragen, weil die Inflorescenz nach der Fruchtreife für immer abstirbt.

Die nächste Complication besteht darin, daß in der Hauptknospe ein Theil oder alle Axillarsprosse in Blüten umgebildet werden.

XIX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$$7^0 \quad K = N + L(F) + L(k) + N^1 \rightarrow.$$

$$8^0 \quad K = N + L(k) + L(F) + N^1 \rightarrow.$$

$$9^0 \quad K = N + L(k) + L(F) + L(k) + N^1 \rightarrow.$$

In 7^0 stehen die Blüten in der unteren, in 8^0 stehen sie in der oberen, in 9^0 in der mittleren Region des tragenden Zweiges, während $L(k)$ eine gewisse Anzahl von Laubaxillarsprossen bedeutet.

In gleichem Sinne können sich die Nebenknospen verhalten. Der Axillarsproß kann auch zur Inflorescenz werden, er kann mit dieser abschließen und somit eingehen oder mit einem Laubtrieb weiter wachsen. Alle diese Verhältnisse müssen bei der systematischen Behandlung der Familien berücksichtigt werden. Bei den diclinen Bäumen, Cupuliferen zum Beispiel, können die Hauptknospe zum Blättersproß mit axillaren weiblichen Blütenständen, die Seitenknospen zu männlichen Blüten werden. Nehmen wir als lehrreiches Beispiel die Eiche und stellen deren Entwicklung dar für zwei Jahre, so erhalten wir für den Winterzustand in der Nähe der Endknospe K mehrere dicht gedrängt stehende Seitenknospen k . Diese enthalten:

XX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$$10^0 \quad K = L(k) + L(\varnothing) + L(k) + N \rightarrow$$

$$k = N + \infty \sigma \leftarrow.$$

Die ganze Seitenknospe geht mit der Ausbildung des männlichen Kätzchens ($\infty \sigma$) ein.

Die am reichsten gegliederte Hauptknospe fand ich bei der *Castanea vesca*:

XXI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$$11^0 \quad K = N + L[vk \text{ (Cupula + 2—3 } \varnothing) + \infty \sigma] + L(k) + N^1 \rightarrow$$

oder auch:

$$12^0 \quad K = N + L(\infty \sigma) + L(\text{Cupula} + \infty \sigma) + L(k) + N^1 \rightarrow.$$

In 11^0 eilen die unteren Axillarsprosse als Laubtriebe vor, in deren Achseln die weiblichen Blüten als nächste Axillarsprosse faßen. Hierauf folgten die ebenfalls vorgeeilten männlichen Blütenähren ebenfalls als Achselsprosse, dann folgten an demselben Haupttrieb mehrere Blätter mit ruhenden Axillarsprossen und endlich die Knospenschuppen für den nächsten

Winter. In gleicher Weise zeigt die Formel 12^0 den Inhalt einer anderen Endknospe der Castanea.

3. Rhizome, Ausläufer, Knollen und Zwiebeln.

Diese Gebilde sind Anpaffungen an die climatische Periode. Es sinkt die Axe des ersten Ranges dauernd herab in die Niederblattregion und verjüngt die Blütenpflanze als Axe ersten Ranges, der zweiten und dritten Ordnung (Rhizom, Knolle, Zwiebel). Der Senker ist ein von der Laubblattzone ausgehender Sproß, welcher in die Niederblattregion zurückschlägt. Die Verjüngung aus der Niederblattregion kommt nur den Phanerogamen zu.

Bei dieser Anpaffung sinken viele Pflanzen auf bleiche, kümmerliche, unterirdische Kriechtriebe zurück, welche Jahre, Jahrzehnte lang im Waldboden fortwuchern ohne jegliche Demonstration ihrer hohen Keimkraft für Blüthentriebe bis zu dem Momente, wo durch die Lichtung oder den vollständigen Abtrieb der Laubbäume sie plötzlich mit Macht hervorbrechen und sofort der dortigen Flora einen andern Charakter verleihen.

Diese adaptive Tendenz hochentwickelter und hochlichtbedürftiger Laubpflanzen, sich auf die Niederblattregion zu reduciren, kann nach beiden Richtungen, nach der Steigerung und nach der Abnahme hin verfolgt werden.

Der Charakter und der Habitus ganzer Familien werden durch sie bedingt. Wir haben schon gelegentlich des Knospschlusses darauf aufmerksam gemacht, daß sie durch kein Rudiment desselben morphotischen Ranges bei den Kryptogamen vorkommt. Bei der Uebergangsreihe beachten wir, daß entweder der Stammtheil oder das Blatt vorherrscht.

Der Uebergang nach dem Niederblattrhizon liegt in dem Ausläufer, dem über dem Boden liegenden Stamm, der Erdbeere z. B. Wir erhalten mit Berücksichtigung dieser folgenden Reihen:

XXII. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.

Die erste Ordnung perennirt.

I. Periodische laubblatttragende Kriechstämme.

1. Ordnung: schwankt zwischen Laub- und Niederblatt;
2. » der Blütenstand;
3. » die Blüthe oder der Blütenstand.

Fragaria, Lysimachia, Numularia.

XXIII. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.

II. Periodische unterirdische Kriechstämme.

1. Ordnung: schwankt zwischen Laub- und Niederblatt;
2. » der Blütenstand;
3. » die Blüthe.

Oxalis acetosella, Fig. 204, Adoxa moschatelina, Iris.

XXIV. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.**III. Unterirdische Kriechstämme.**

1. Ordnung: sinkt vollständig in die Niederblattregion hinab;
2. » geht aus dem Axillarsproß des Niederblattes hervor;
3. » der Blütenstand oder die Blüthe;
4. » die Blüthe; diese entsteht:
 - a) an einem Blättertrieb: *Convallaria*;
 - b) als ein Blütenstand, welchem die Blätter selbst in die Niederblattregion herabgefunkelt sind: *Ruscus*.

XXV. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.**IV. Unterirdische Zwiebeln.**

1. Ordnung: ist ein rudimentärer Stamm mit fleischigen Niederblättern;
2. Ordnung: ist ein Laubblatttrieb aus dem Axillarsproß der Niederblätter;
3. Ordnung: der Blütenstand;
4. » die Blüthe, *Liliaceen*.

XXVI. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.**V. Unterirdische Knollen.**

1. Ordnung: ist der mäßig entwickelte Stamm mit Niederblatttrudimenten;
2. Ordnung: ist ein Kriechtrieb, welcher sich durch die Niederblatt- in die Laubblattregion und Blüthe erhebt.
Kartoffel (Smilax), Crocus.

XXVII. Entwicklungscyclus der Stamppflanzen.

Die 1. Ordnung ist einjährig.

Unterirdische Knollen der *Ophrydeen*.

Die 1. Ordnung entspringt als Axillarsproß aus der Niederblattregion an der Mutterknolle und geht aus der Nieder- in die Laubblatt- und Blütenregion über, nachdem er einen Axillarsproß in der Niederblattregion angelegt hat.

Colchicum, Fig. 205 I, *Orchis*, Fig. 205 II.

Zu den extremsten Metamorphosen des Stammes gehört die Erscheinung, daß in allen Ordnungen das Laubblatt herabsinkt zum Niederblatt, so daß der Stamm selbst ganz ohne Laubblätter, dafür aber in den Zweigordnungen der zweiten Ordnung selbst laubblattartig wird, *Ruscus*, eine Erscheinung, die durch die flachen Stämme der *Acacien* vermittelt wird.

Die Sproßfolge als morphotisches Gesetz hat die ausgedehnteste Bearbeitung erfahren, sie wird aber besser verständlich, wenn die Entwicklung

der Blütenpflanze mit hinzugenommen wird. Die Erinnerung an die vorgeführten Beispiele der Gliederung und Verjüngung aber hielt ich für nöthig, um den großen Abstand in der Adaption zwischen den höheren Kryptogamen und Phanerogamen zu demonstrieren.

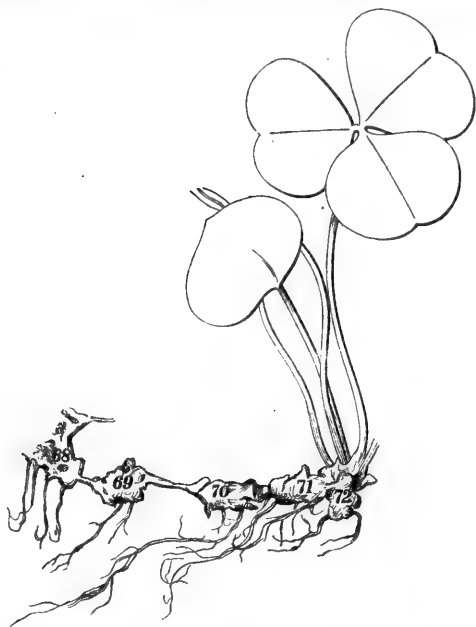


FIG. 204. *Oxalis acetosella*. Rhizom mit dem letzten Blättertrieb vom Jahr 1872; 68, 69 u. f. f. die Anschwellungen mit den Blattnarben der früheren Perioden. Aus den Stammanfchwellungen, in welchen die Blattbasen noch sichtbar sind, entspringen die Wurzeln.

Eine der vorzüglichsten adaptiven Neigungen an die Periode ist das Blattgelenk, dessen Rudiment zum ersten Mal bei *Polypodium*, am ausgeprägtesten bei den periodisch beblätterten Bäumen und in den verschiedenen Ordnungen des Niederblattsprosses vorkommt.

Indem wir das specielle Studium der Sproßfolge¹⁾ in die Systematik der Blütenpflanzen verweisen, nehmen wir als Beispiel der periodischen Steigerung im Rhizom *Oxalis acetosella*. Der unverzweigte Stamm rückt alljährlich periodisch fort, die Perioden sind in Anschwellungen kenntlich, welche von den Blattbasen herrühren. Dort entstehen auch die Wurzeln.

Die Blätter und Blütenstängel brechen mit einer glatten Narbenfläche alljährlich ab.

Bei *Colchicum autumnale*, Fig. 205 I, ist *A* die Axe des Jahres *n*, an welcher die Blüthe im Herbst des vorherigen Jahres entwickelt wurde, während die Frucht im Jahre *n* zur Reife kommt. Die Mutterknolle *K* bildet in der Achsel des scheidenförmigen Niederblattes *N N'* einen Axillarsproß, welcher im laufenden Jahre blüht, im Jahre *n + 1* an die Stelle von *K* tritt. Hierbei wandern die Reservenährkörper, welche aus der beblätterten Axe *A* nach der Knolle *K* strömten, allmählig in die Tochterknolle.

Bei *Orchis*, Fig. 205 II, übernimmt der Axillarsproß *K'* für das nächste Jahr die Erhaltung des Individuums. Die Masse solcher Stämme beschreibt

¹⁾ Studienobjecte sind: *Epipogium*, *Corallorrhiza*, wo die Wurzelfunction selbst vom Niederblatt beforgt wird, ferner *Solanum tuberosum*, Aroideen, Cyperaceen (*Cyperus*), *Oxalis lasiandra*, *Allium*, *Gagea* u. a. m.

als Reservematerial hier kleine Bahnen von der Knolle des einen zur Knolle des nächsten Jahres. Denkt man sich alle Generationen durch eine Linie verbunden, so erhält man die Bahn, welche von der Pflanze im Boden beschrieben wird. Diese ist im allgemeinen eine Zickzacklinie und entspricht einem sympodialen Stamme, dessen einzelne Auszweigungen bei unseren einheimischen Ophrydeen mit dem Blütenstande endigen. Die Ophrydeen sind in morphotischer Hinsicht noch deswegen lehrreich, weil an der ersten Entfaltung der Tochterknollen, Fig. 206, sich die scheidenartigen Niederblätter betheiligen. Die Tochterknolle *T*, Fig. 206 C, ist ursprünglich ein Axillarsproß, er wird, indem alle Theile, welche ihn umhüllen, so namentlich das Niederblatt-Convolut *N N'*, wachsen, von der tragenden Knolle aus verfenkt. Später entwickeln sich an dem Vegetationspunkt von *T* die Blätter und der Blütenstand.

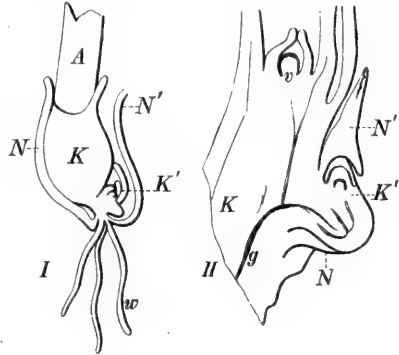


FIG. 205. I Längsdurchschnitt durch die Knolle von Colchicum im Frühling, *K* die Knolle des Jahres *n*, *A* die beblätterte Axe zu dieser, welche im Herbst des Jahres *n-1* blühte, im Jahre *n* die Blätter und Früchte entwickelte, *K'* die Anlage der Tochterknolle für das Jahr *n* (Blüthe), *n+1* Blätter, *N N'* Niederblätter, *w* Wurzeln. II Orchis mascula, Durchschnitt durch die Mutterknolle *K*, *v* der Vegetationspunkt, *K'* die Tochterknolle ist ursprünglich ein Axillarsproß zu dem Niederblatt *N*, *g* Gefäßbündel, welche in die Tochterknolle verlaufen.

Bei *Ranunculus Ficaria* wird der Axillarsproß selbst direct zur Brutknolle¹⁾, welche, so lange sie in der Achsel sitzt, blattlos ist, bei der gelegentlichen Ausfaat Wurzeln und beblätterte Zweige entwickelt.

Die vegetative Verjüngung kann, wie Fig. 208 zeigt, in einer Richtung stetig fortschreiten, so daß, wie schon oben bemerkt, die gegebene Pflanze in dem Boden kleine Bewegungen ausführt, ohne daß die Anzahl der zu gleicher Zeit lebenden Zweige oder Individuen vermehrt würde.

Das Niederblatt kann der Masse nach überwiegen (Zwiebel), oder es kann der Stamm die Hauptmasse ausmachen (Knolle), z. B. Kartoffel, *Helianthus tuberosus*, *Colchicum*, *Orchis*, *Arum*, *Oxalis lasiandra* u. a. m.

Eine Zwiebel kann ihrer größeren Masse nach aus einer einzigen fleischig gewordenen (Nieder-) Blattbasis bestehen (*Allium ursinum*, *Gagea*). Zwiebelartige Anschwellungen kommen als Variationen der Blütenpflanzen vor bei den *Allium*-arten. In gleichem Sinne werden bei manchen viviparen Gräsern die Aehrchenachsen auffällig verdickt, so bei *Poa bulbosa* var. *vivipara*, bei *Poa alpina* u. a. m.

¹⁾ Kommt anderweit vor bei *Lilium*, *Allium* in der Laubblatt- und Blütenregion.

4. Gelenkbruch der Zweige und Blätter.

Die Fähigkeit, sich zeitweilig ganz auf die Niederblattregion zurück-zuziehen, schützt die Pflanze vor oberirdischen Feinden oder schädlichen Einflüssen (Frost, Dürre).

Sie hat es so in der Gewalt, zur geeigneten Zeit Blatt- und Blüten-triebe als jeweilige Auszweigungen letz-ter Ordnung in's Licht und in die At-mosphäre zu fenden.

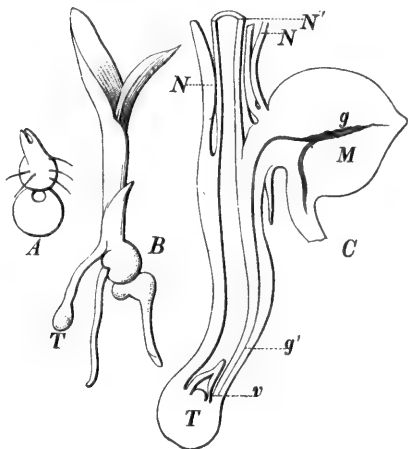


FIG. 206. Entwicklung der Ophyreentuberkeln. A Mutterknolle, B Mutterpflanze mit der Tochterknolle T, C Durch-schnitt durch Mutter- und Tochterknolle (M und T), NN Blattconvolute, T Tochterknolle, v Vegetationspunkt derselben, g g' Gefäßbündel.



FIG. 207. *Ranunculus Ficaria*. Laubtrieb mit den Brutknospen k k', diese sind knollenförmig umgebildete Axillarsprosse der Laubblattregion.

Eine Anpassung im Gefolge dieser Einrichtung ist der Bruch solcher Triebe durch ein Gelenk.

Diese kommt schon scharf umschrieben einigen Polypodiaceen zu, erreicht aber die höchste Vollendung:

1^o in den Rhizomen der Monocotylen, *Convallaria*;

2^o in der Baumkrone (*Salices*, *Populus*, *Quercus*), f. Bd. I, S. 379.

D. Die Tendenz, Waffen zu bilden, nimmt zu.

Im Allgemeinen nimmt das Streben, den Stamm und die Blätter zu Waffen umzubilden, in aufsteigender Richtung zu und erreicht bei den Dicotylen fein Maximum. Den Gefäßkryptogamen fehlt diese Nei-gung, es fehlen dort Stacheln, Dornen, Ranken, Drüsen, Brennhaare, Saug-wurzeln.

Bei gefellig lebenden Pflanzen vermißt man ebenfalls diese Meta-morphose, so bei den hervorragenden Rafenbildnern, Gramineen, Cypera-ceen und den Familien der gefelligen Wälder, Coniferen, Cupuliferen, *Salices*, Betulineen u. f. f.

1. Verschwinden und Wiederauftreten des Parasitismus.

Die Neigung aller Repräsentanten eines Formenkreises, einen Offensivkrieg gegen ihre Nachbarn zu führen, tritt gleichwohl frühe mit den niedersten Pilzen auf.

Wir sind aus allen morphotischen Vorgängen berechtigt, den Pilzstamm und den Algenstamm als in die Vergangenheit convergente Aeste anzusehen. Alle Zweige des Pilzstammes besitzen die Neigung, ihre Nach-

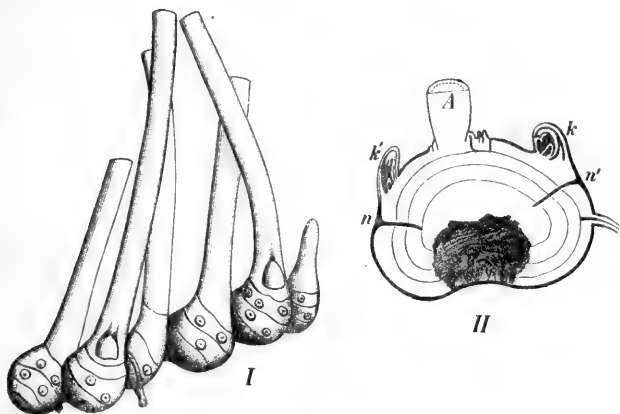


FIG. 208. I Kette von Knollrhizomen, im Sinne einer Cyma helicoidea geordnet, von Pleurothallis ophiocephala, von jeder geht ein beblätterter Trieb ab, vorn die jüngste Knospe für den nächsten Trieb. II Eranthis hiemalis. Durchschnitt durch die Knolle mit zwei Seitenknospen k k' , A die beblätterte Axe. Die Knolle ist in dem schraffirten Theil ausgehöhlt. (Nach IRMISCH, Bot. Ztg. 1860 Nr. 25.)

barn anzugreifen, zu parasitiren, in hohem Grade, während dem Algenstamm durch alle seine Descendenten, die Flechten, Moose, Rhizocarpeen, Lycopodiaceen, Farrenkräuter, Coniferen, jegliche Neigung zum Parasitismus, sogar, mit Ausnahme der Salvinia, jede metamorphe Waffenbildung abgeht. Erst mit den Monocotylen tritt der Parasitismus wieder auf.

2. Erstes Auftreten der Secretion.

Man kann die Secretion als eine adaptive Tendenz ansehen, welche der Pflanze in einem gewissen, uns zuweilen freilich unerklärlichen Sinne nützlich wird.

Die Bildung starkriechender Essenzen in so kleinen Mengen, daß eine Massenabsccheidung in besondere Canäle, Intercellularräume nicht erfolgt, ist eine constante Charaktereigenschaft vieler dominirender Familien: Labiaten, Compositen, Laurineen u. a. m.

Stark riechende Blüten kommen fast allen Formkreisen zu.

Bei einigen werden Secrete in so reichem Maße gebildet, daß es zu einer erblichen, histologischen Vorrichtung kommt, zur Bildung der Inter-

cellularräume, in welche das Secret abfließt — der Drüsenhaare (Dictamnus), in welche das Secret hinauswandert — der Klebringe (Sileneen) — der Wachsdrüsen (Betulineen).

Das erste Rudiment der Secretionsbehälter findet sich bei den Farrenkräutern; den Moosen, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen fehlt jede Anlage dazu.

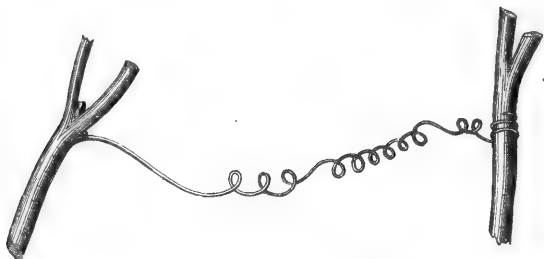


FIG. 209. *Bryonia dioica*. Links der rankentragende Stamm, rechts eine Stütze, welche von der Ranke in drei Windungen umschlungen ist. Nachdem dieß erreicht war, hat sich die Ranke von links nach rechts in einer rechtsumläufigen Schraube aufgewickelt bis etwa zur Hälfte, alsdann dreht sich die Ranke so, daß sie von jetzt ab linksumläufig wird.

Die höchste Ausbildung der Secretionscanäle erfolgt schon bei den Coniferen und bildet so hier, wie bei den Compositen (Inuleen), Umbelliferen, Araliaceen, Terebinthaceen, Tiliaceen, eine erbliche Eigenschaft (f. Bd. I, S. 225) der Entwicklung des vegetativen Körpers.

Man kann somit annehmen, daß auch die Secretion eine von den niederen nach den höheren Pflanzen wachsende adaptive Erscheinung im Sinne der nützlichen Eigenschaften ist. Die Secretionscanäle fehlen bei den Monocotylen!?

Durchmustert man von den niederen zu den höheren Gewächsen die adaptiven Tendenzen zur Bewaffnung, so findet man, daß die Offensivwaffen (man vergl. Fig. 209) Dorn, Ranke, Drehstamm plötzlich erst bei den Phanerogamen auftreten und in den Gefäßkryptogamen nicht einmal in Rudimenten angedeutet sind, daß complicirte Bewegungen und Lebensweisen, wie

- 1^o Schlingen;
- 2^o Winden;
- 3^o periodische Bewegung der Blätter;
- 4^o Nutiren der Stämme

ebenso plötzlich erst mit den Blütenpflanzen eintreten, bei den Kryptogamen nur durch die erbliche Gewohnheit des positiven und negativen Geo- und Heliotropismus angedeutet sind.

Die Neigung, complicirte Bewegungen mit den Zweigen und Blättern auszuführen, ist eine erbliche Erscheinung. Sie tritt erst bei den höheren Gewächsen auf.

Schon die Fruchtkstände der Pilze orientiren sich zur Schwere. Die Lamellen von *Hydnum* weichen fogar dadurch von der Radialstellung zum Strunke ab.

Viele niedere Pilzmycelien aber in feuchten Dunkelräumen sind in

ihrer Gestaltung von der Schwere gar nicht beeinflusst — ebenso die schwelbenden Süßwasseralgen, die Colonien der Desmidiaceen. Positiver und negativer Geotropismus findet sich schon bei den Moosen — ebenso positiver und negativer Heliotropismus bei den Marchantieen, Jungermannien.

Die fischelförmig gekrümmten Blätter der Hypneen zeigen die erste Neigung, das Blatt in bestimmter Weise zu bewegen.

Die gekämmten Zweige der Fichte und Weißtanne bilden den Uebergang zu den Bewegungerscheinungen der Blätter höherer Pflanzen (man vergl. Bd. I, S. 351).

3. Drehung der Axe.

Es ist eine auffällige Thatsache, daß allen niederen einzelligen Stämmen, den Fadenalgen, den Pilzen, die Neigung fremd ist, eine Drehung um ihre Axe auszuführen. (Sie kommt vor bei den Oscillarien und den Characeen.) Aber schon bei den niedersten geschichteten Cylindergebilden beobachtet man dieß Bestreben, sich um sich selbst zu drehen, so bei den Seten der Moose, bei einigen Pilzstrüngen. In dieser Torsion liegt die erste Anlage zu den windenden Ranken und Schlingstämmen, welche am ausgeprägtesten in zahlreichen Blattranken und Stengeln in den höheren Gewächsen zum erblichen Charakterzug werden. Rebe, Zaunrube, Hopfen (Fig. 209—214).

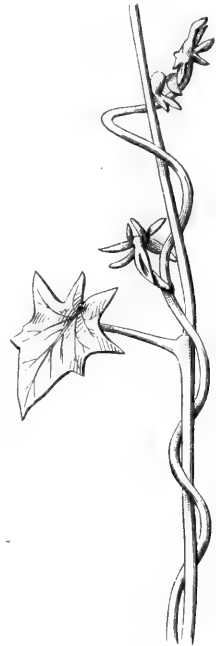


FIG. 210. Ein Passiflorenstamm umwindet seinen Nachbar.

4. Abgeflachte Stämme, Phyllocladien, Cladodien¹⁾.

Bei *Ruscus*, *Carmichaelia*, *Phyllocladus*, *Xylophylla* werden die letzten Auszweigungen blattartig ausgebildet, das Phylloclodium ist meist ein metamorpher Blütenstand, in welchem der Stamm die Function des Blattes (grüne Farbe) übernimmt. Der Gefäßbündelverlauf ist meist (wohl immer) nicht netzartig (s. Morphologie und Systematik der Phanerogamen). In der Entwicklungsgeschichte zeigen die flachen Stämme im Beginn keinen Unterschied in der Gliederung am Vegetationspunkt von den gewöhnlichen Cylinderstämmen. Später bildet sich der Holzkörper im Querschnitt einseitig abgeflacht aus. Das Grundgewebe der Rinde wird gefördert, der Stamm wird blattartig, orientirt sich mit der Fläche meist senkrecht zum Licht. Er übernimmt in allen Fällen die ernährungsphysiologische

¹⁾ ASKENASY, Entwicklungsgech. der flachen Stämme. Frankfurt a. M. Mahlau & Waldschmidt. 1872.

Function der Blätter, dafür sinken diese zu rudimentären Schuppen herab. In der Regel werden mehrere Zweigordnungen mit einem Knospenausbruch entwickelt, Fig. 211. Das interessanteste Studienobject ist *Ruscus*. Die Pflanze perennirt mit einem vielfach aus der Niederblattregion verzweigten Rhizom. Der Axillarsproß eines Niederblattes wird zum oberirdischen Cladodium (Phyllodium) mit mehreren Zweigordnungen, welche wiederum Axillar-

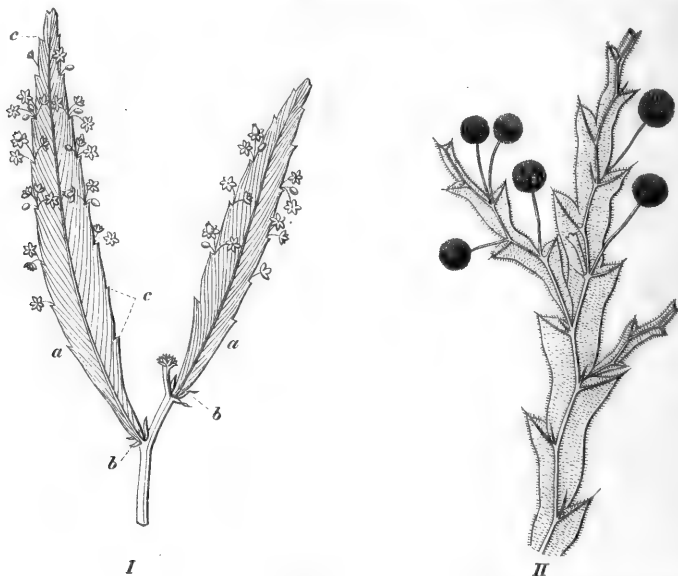


FIG. 211. I Phyllodium von *Xylophylla*. II ebenfolches von *Acacia*. In beiden Phyllodien stehen die Blütenstände in der Achsel kleiner Hochblätter, welche an den zahnartigen Vorprüngen entstanden sind.

sprosse zu später schuppenförmigen Laubblättchen ausbilden. Die letzte Ordnung dieser Zweiglein entwickelt sich blattartig, grün, dornspitzig, an diesen sitzen, gestützt durch ein Vorblatt und mehrere Nebenblätter, die Blütenstände.

XXVIII. Entwicklungszyclus der Stammpflanzen (Anschluss an die Seite 375 geschilderte Reihe).

Perennirendes Niederblattrhizom →

Axillarproduct wird zum oberirdischen Stamm,

derselbe beginnt mit einem Cyclus scheidenartiger Niederblätter. Es folgen die dreikantigen Axen.

An diesen haben wir den Scheitel von oben zu betrachten. *V* ist der Vegetationspunkt, *f* das Laubblatt, *P* die flache, grüne, elliptisch zugespitzte Nebenaxe des Phyllodium, *B* die Blüthe oder der Blütenstand, *b'* die Vorblätter und Bracteen, so ist die Anordnung in diesem Schema

$$1 [f P B b' V (b' B P) f] 2$$

veranschaulicht für zwei Systeme (1, 2), welche hintereinander an dem Vegetationspunkt entstanden sind. Im ausgebildeten Zustande erscheint die Blüthe in der Mitte der flachen blattartigen Axe verwachsen.

Bei *Helwingia* rücken die Blüthen auf der Mittelrippe des Laubblattes bis etwa $\frac{1}{3}$ der Blattlänge hinauf. Die Entwicklungsgeschichte dieser Phylodien oder Verwachsungen bei *Helwingia* ist leider nicht bekannt.

5. Lemnastämme.

Die merkwürdigste Umbildung des Stammes findet sich bei den Lemmen, wo derselbe zu einem flachen, linsenförmigen oder dichotomisch verzweigten, grünen blattähnlichen Gebilde wird, welches die Function des Blattes vollständig übernommen hat. Der Stamm ist wassertüchtig, schwimmt auf der Oberfläche der Gewässer und bildet unverzweigte Wurzeln. Bei einigen Lemmen fehlt selbst jede Anlage zur Wurzel (*L. arrhiza*). Der Vegetationspunkt liegt in einer Falte des flachen Stammes eingeschlossen, die Verzweigung der Lemmen (z. B. *L. trisulca*) ist sympodial. Die Blätter werden als kleine Rudimente noch angelegt. (Ausführliche Entwicklungsgeschichte f. Systematik.)

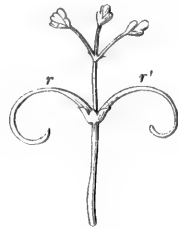


FIG. 212. *Cardiospermum halicabalum*, oberer Theil eines cymösen Blütenstandes. Die Axillarzweige sind oben in normaler Weise in Blütenzweige; unten dagegen in Ranken umgebildet (nach DARWIN).

6. Offensivwaffen¹⁾.

Soweit Offensivwaffen aus dem Stamm allein hervorgehen oder soweit dieser allein offensiv wird, sind zweierlei Gebilde zu betrachten: die Stammranke und der Schlingstamm.

Die Stammranke kann aus der Achsel der Hochblätter entstehen, so bei *Cardiospermum*, Fig. 212 (Familie der Sapindaceen), wo *r r'*, zwei Axillarsprosse der Blütenregion, zu Ranken umgebildet sind.

Die Ranken der Cucurbitaceen von *Vitis* und *Ampelopsis* sind metamorphe Seitenzweige, deren Entwicklungsgeschichte für *Vitis* aus den Figuren 213—215 erschlossen werden kann. Der Stamm der Rebe gliedert sich in der Weise, daß rechts ein Blatt mit dem zugehörigen Axillarsproß, links eine häufig mit Hochblatt und Blütenanlagen versehene Ranke steht. Im nächsten Schritt steht rechts die Ranke, links das Blatt u. f. f.

Die Ranke Fig. 213 ist ein umgebildeter Zweig, welcher in feiner

¹⁾ DARWIN unterscheidet Wurzelkletterer, Hackenkletterer, windende Stämme und rankende Kletterer (f. DARWIN, Ueber das Klettern und Ranken).

Einfügung an den tragenden Ast nicht von einem Blatte gestützt ist. Er stellt, wie später zu erweisen ist, das Ende des Stammes dar, welches seitlich gerückt wurde, während eine Nebenknoepe die Weiterbildung übernahm; die Ranken sind die jeweiligen Scheitelsprosse eines sympodial wachsenden Stammes.

Die verzweigte Ranke des Weinstockes ist im Beginne geradläufig mit hakenförmiger Spitze, welche reizbar ist (Bd. I S. 297). Berührt sie

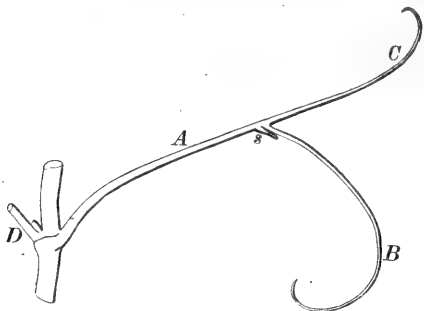


FIG. 213. Ranke des Weines. *A* Stiel der Ranke, *B* längerer Zweig mit einer Schuppe an seiner Basis, *C* kürzerer Zweig, *D* Stiel des gegenständigen Blattes (DARWIN, S. 106).

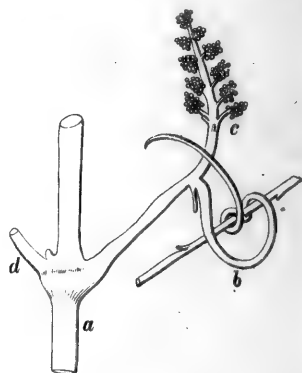


FIG. 214. Blütenstengel des Weins. *a* gemeinsamer Stiel, *b* Blütenranke mit einer Schuppe an ihrer Basis, *c* Nebenstiel, die Blütenknospe tragend, *d* Stiel des gegenständigen Blattes (DARWIN, S. 107).

eine Stütze, so wickelt sie sich um dieselbe (Fig. 214). An dieser halbschematischen Zeichnung endet die erste Rankenordnung mit einem Blütenstande *C*. Etwas tiefer entspringt als Axillarproduct zu einem kleinen schuppenartigen Laubblatte der Seitenzweig *b*, welcher die Stütze umwickelt hat. Es ist somit leicht, die höheren Auszweigungen als Axillarsprosse zu erkennen.

Ebenso ist der Stammcharakter der ersten Rankenordnung leicht daraus zu erkennen, daß sie Blütenstände in mehr oder weniger vollkommener Form ausbildet. Die Stellung des ganzen Rankensystems zur beblätterten Axe des Weines dagegen bietet im morphotischen Sinne größere Schwierigkeiten.

Wir erhalten in den Ampelideen den

XXIX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Von dem Vegetationspunkt einer rankentragenden sogenannten Lotte des Weinstockes gliedern sich ab: Blätter, Axillarknospen (Geizen) in den Blattwinkeln und Ranken:

$$\begin{array}{ccccccc} 4 & 2 & & \text{I} & 3 \\ B & k & R & V & (\overline{k \ B}) & R \end{array}$$

und so fort, an der Basis stehen dann nur mehrere alternirende Blätter mit ihren zugehörigen Axillarsprossen. Die Morphologen fassen das System so

auf: die Lotte wächst, bildet Blätter und die zugehörigen Axillarsprosse und schließt ab mit der Bildung einer ursprünglich terminalen Zweigordnung, welche zur Ranke wird, dieß ist der erste Schritt des Sympodium, ein Sproß niedriger Ordnung übernimmt die Weiterbildung. Er bildet wiederum eine gewisse Anzahl (1—2) Blätter mit den zugehörigen Achselknospen, schließt wiederum mit einer Ranke ab und so fort. Ein Durchschnitt durch den Scheitel der Knospe entspricht dieser von BRAUN aufgestellten Theorie nicht. Mindestens ist nirgends ein Beiseiteschieben der ursprünglich scheitelständigen Ranke zu beobachten, dieselbe entsteht vielmehr in der Nähe des genau den Scheitel krönenden Vegetationspunktes gerade wie jede andere Seitenknospe (Fig. 215).

Mindestens ist die Verschiebung, welche in Wirklichkeit beobachtet wird, eine außerordentlich geringfügige. In der Nähe von *v*, dem Vegetationspunkt, beobachtet man in der Fig. 215 bei *B* das jüngste Blatt, gegenüber in *R* steht die bereits verzweigte Ranke, zwischen dieser und *v* ist allerdings hier noch eine Sproßanlage *a* sichtbar. Es folgt rechts wieder eine Ranke, links ein bereits mit den Fiederanlagen versehenes Blatt und der zugehörige Axillarsproß. Die Schwankungen, welche im Sinne der Sympodiumtheorie hier vorliegen, sind jedenfalls geringfügiger als sie aus der aufgestellten Theorie gefordert werden.

EICHLER¹⁾ kommt zu diesem Résumé: Es fragt sich nun, sind jene Befunde der Entwicklungsgeschichte als ein durchaus zwingender Grund zu erachten, die Sympodialtheorie aufzugeben und dafür die dem vergleichenden Morphologen so anstößigen Begriffe von extraxilen und deckblattlosen Zweigen, beziehentlich von Zweigbildung durch Theilung (Dichotomie) der Axenspitze an die Stelle zu setzen? EICHLER macht auf einen allmähigen Uebergang aufmerksam, welcher bei den sympodialen Blütenständen herrscht,

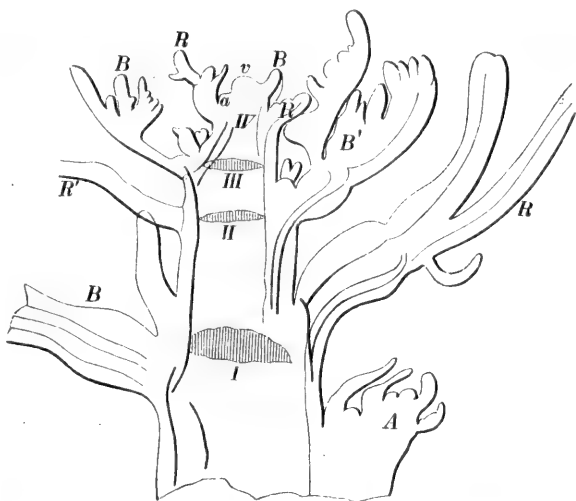


FIG. 215. *Vitis vinifera*. Längsschnitt durch eine Knospe im Frühling. *v* deren Vegetationshügel, *a* Axillarsprosse, *B* *B'* Blatt, *R* *R'* Ranken.

¹⁾ Blüthendiagramme. II, 381. Engelmann. Leipzig 1878.

wo die Verschiebung der Endknospe durch den Seitentrieb einmal ganz deutlich auch an jungen Entwicklungszuständen gesehen wird, während an ganz ähnlichen «identischen» Gebilden anderer Pflanzenarten das Verhältniß am Scheitel verwischt ist. Somit ist für die Ranke der Rebe die Sympodiumtheorie von den Morphologen als haltbar anzusehen.

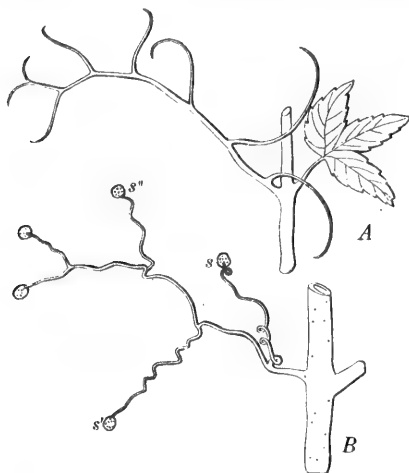


FIG. 216. *Ampelopsis hederacea*. *A* völlig entwickelte Ranke mit einem jungen Blatte an der gegenüberliegenden Seite des Stammes. *B* ältere Ranke, mehrere Wochen nach ihrer Anheftung an einer Mauer; die Zweige sind verdickt und spiralförmig zusammengezogen, die Spitzen zu Scheiben *s s' s'' s'''* entwickelt, die nicht angehefteten Zweige dieser Ranke sind verwelkt und abgefallen (DARWIN, S. 114).

Die Ranke von *Ampelopsis*, Fig. 216, klammert sich mit Haftscheiben an die feste Unterlage und rollt sich dabei in einem Theil des Rankenzweigs von links nach rechts, im andern von rechts nach links.

Im ersten Entwicklungsstande ist sie wie bei *Vitis* gerade mit hakenförmigen Endigungen. In ähnlichem Sinne verhält sich die Bryonienranke.

Von der Keimung ab verhält sich die Rebe so: nach den kleinen Cotyledonen entsteht ein monopodialer fußlanger Sproß mit cyclischer Beblätterung und normaler Achselknospenbildung. Die Ranken fehlen bis jetzt noch. Beim obersten Blatte stellt sich die Bildung der Ranken ein, das Monopodium schließt damit

ab und geht in ein Sympodium über. Die terminale Verjüngung in Form von Lotten wird indeß auch bald eingestellt. Die Spitze stirbt ab und die Verjüngung geht von jetzt ab nur durch Achselknospen vor sich, welche in den Achseln der Blätter des Monopodium einschließend der Keimblätter angelegt waren:

- 1^o Keimpflanze,
- 2^o Geizen aus der Blattachsel der Keimpflanze,
- 3^o Lotten aus der Vorblattachsel der Geizen.

«Alle drei Sproßformen laufen dabei nach dem Vorausgang einer variablen, doch für die einzelnen Sproßformen verschiedenen Anzahl von Laubblättern, 2 bei den Geizen, 3—5 bei den Lotten, 6—10 an der Keimpflanze, in Ranken aus und setzen sich dann durch ein Sympodium fort, welches bei der Keimpflanze und den Geizen meist nur kümmerlich, bei den Lotten sehr kräftig entwickelt wird und dessen Glieder durch Zahl und Stellung ihrer Blätter sich wiederum als eine besondere Sproßform dar-

stellen und sich überdies nochmals in die untergeordneten Formen ein- und zweiblättriger Sprosse theilen.»

7. Stamm- und Wurzelhaustorien (Saugwarzen).

Zu den furchtbarsten Offensivwaffen gehört der fast blattlose Schlingstamm der *Cuscuta*, Fig. 217. Er bildet an der Berührungsstelle mit der Nährpflanze Saugwurzeln, Haustorien, welche die Rinde der Nährpflanze durchbrechen und im Innern des Wirthes, nachdem eine vollständige Verwachsung der beiderseitigen Gewebe eingetreten, lange einzellige Haare durch die benachbarten Gewebe sendet (Fig. 221).

Die Balanophoreen und Rafflesiaceen verhalten sich ähnlich, dort entwickelt sich selbst die Anlage des Blütenstandes aus dem Innern der Nährpflanze, Fig. 218 A.

Parasite Pflanzen sind noch bekannt aus der Familie der Orobanchen: *Lathraea squamaria* und die sämmtlichen Orobanchen; aus der Familie der Lorantheen: *Viscum*, *Loranthus*; der Santalaceen: *Osyris*, *Thesium*; der Rhinanthaceen: *Rhinanthus*, *Melampyrum*, während es nicht feststeht, ob die *Monotropa Hypopitys* ein echter Schmarotzer ist.

Bei der Befiedelung der Nährpflanze ist zu beachten, daß der Parasit schon mit seiner Keimwurzel und nur mit dieser eindringt, so bei *Viscum album*, dem verbreitetsten baumbewohnenden Parasiten. Der Same enthält in dem schleimigen großen Endosperm zwei wohlausgebildete Keimlinge, welche ein deutliches Würzelchen, die Keimaxe, und zwei Cotyledonen besitzen. Bei der Verschleppung der Samen durch die Misteldrossel klebt derselbe an der Rinde, die Keimung erfolgt, das Würzelchen beugt sich negativ heliotropisch gegen den Stamm der Nährpflanze, plattet sich, wenn es dort fast lothrecht zur Stammfläche aufgetroffen ist, ab. Aus der Abplattung streckt sich das Haustorium und bohrt sich als ein Meristemkegel in das grüne Gewebe des Rindenriffes. Es verwachsen die Gefäßbündel des Haustorium mit dem Holzzuwachs des Wirthes, ebenso die Parenchymgewebe der beiderseitigen Theile. Im ersten Jahre der Keimung dringt das meristematische Würzelchen gerade bis zu dem Holzkörper der Nährpflanze vor, indem es etwaigen Bastbündeln der Rinde ausweicht. Es ist unverzweigt oder gabelt sich während dieses Wachsthum. Im nächsten Frühling erst streckt sich die Keimaxe, es entwickeln sich die Blätter und nächsten Sprosse. Während dieses Jahres wird die Keimwurzel von



FIG. 217. *Cuscuta europaea*.
Ein Stengelstück, welches einen
Eschenzweig umschlungen hat.
b die Haustorien (nach SOLMS-
LAUBACH).

dem Jahrring des laufenden Jahres der Nährpflanze eingehüllt. Die Spitze der Wurzel wird zum Senker, welcher parallel der Axe des Nährastes fort-

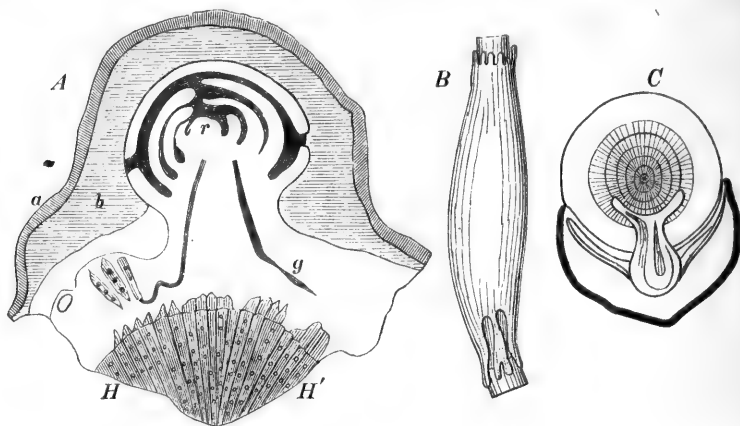


FIG. 218. *A* ein Blütenstand von *Cytinus* in der Cistuswurzel, das Markgewebe des Sprosses *r* steht mit der Rindenzone der Nährpflanze in Verbindung, ebenso die Theile des Gefäßbündels *g*; der Rindenteil *b* der Nährpflanze wird später von dem Sproß des Parasiten gesprengt. *B* schematische Ansicht eines intramatrixalen Cylinders von *Cytinus*. Die Wurzelrinde von Cistus ist als entfernt zu denken. Die Zähnelungen beiderseits entsprechen der Meristemficht der Medullarplattenleiten. *C* Längsschnitt eines Haustoriums von *Ostrya alba*, dasselbe ist bis in die jüngste Lage des Holzes eingedrungen und dort flach verbreitert. (Nach SOLMS-LAUBACH.)

wuchert. Von den Senkern aus, deren morphotische Natur keine Analogie im Pflanzenreich besitzt, können an beliebigen Orten der Nährpflanze vegetative Pflanzen hervorgehen. Es ist somit die erste Befiedelung nur an einer oder wenigen Stellen nöthig, um dem Parasiten eine dauernde Herrschaft in dem Nährbaum zu sichern.

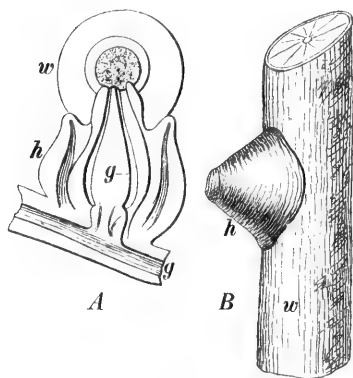


FIG. 219. *A* *Thesium pratense*, Haustorium, welches von dem Zweig *g* entspringt und in eine Dicotylenwurzel *w* eingedrungen ist, *b* die Rinde, *g* die Gefäßbündel des Parasiten, das Haustorium ist bis zum Holzkörper der Wurzel vorgedrungen. *B* ein Haustorium *b* sitzt auf einer Syringawurzel *w*. (Nach SOLMS-LAUBACH.)

zellhaare, welche bis zum Marke eindringen und die Gewebe auf ihrer Bahn zum Theil resorbieren.

Die dritte Form des Eindringens, beziehentlich der Entwicklung der

Die Cuscuten befiedeln, wie schon oben (vergl. Fig. 217) angedeutet, die Nährpflanze mit Schlingstämmen, welche des Chlorophylles entbehren und die Blätter nur rudimentär ausbilden. An den Schlingstellen bilden sich die Haustorien reihenweise.

Sie bohren sich in das Grundgewebe der Rinde, Fig. 221, erhalten ein axiles Gefäßbündel. Von der Endigung der Haustorien entwickeln sich zahlreiche Wur-

Hauttorien ist bei *Thesium* genauer untersucht. Die Pflänzchen keimen in normaler Weise, bilden nun aber an den Auszweigungen ihrer sonst erd-

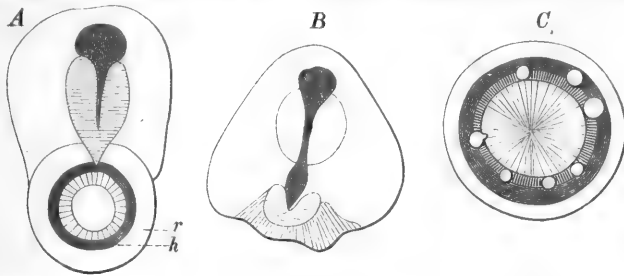


FIG. 220. *A* Haustorium von *Rhinanthus minor* auf einer Dicotylenwurzel. Das Haustorium besitzt in dem schraffierten Theil ein Gefäßbündel, welches sich nach der Saugwarze hin abzweigt. Die Saugwarze als parenchymatischer Wulst hat die Rinde *r* soeben durchsetzt und ist bis zum cambialen Theil *h* der Nährwurzel vorgedrungen. *B* ein ähnliches Haustorium von *Rhinanthus minor* auf einer Monocotylenwurzel, der schraffierte Theil ist die Saugwarze, welche den Holzkörper der Nährwurzel gespalten hat, nachdem die Rinde durchgewuchert war. *C* Querschnitt eines Weißtannenzweiges. In dem inneren Theil der secundären Rinde sind sieben Wurzeln der Mistel eingeschlossen und im Querschnitt getroffen, an dem einen Querschnitt links sieht man eine kleine Papille, die ist die erste Anlage des Senkers. (Nach SOLMS-LAUBACH.)

tüchtigen Wurzeln Saugfcheibchen, welche die Wurzeln der benachbarten Pflanzen befiedeln, eine Saugwarze bilden, welche in die Nährpflanze eindringt.

Es sind somit im Wesen der Sache drei Kategorien von Phanerogamenschmarotzern zu unterscheiden. Wir erhalten im Anschluß an die früher aufgestellte Reihe von Entwicklungscyclen:

XXX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die Keimwurzel bildet sich direct zum Haustorium um. Die Wurzel ist nicht erdtüchtig und auf die Nährpflanze absolut angewiesen. Von der Keimpflanze entsteht der Senker, an diesem die adventive Laubpflanze: Parasit und Nährpflanze perenniren.

Viscum, *Loranthus*, wahrscheinlich auch diejenigen Balanophoreen und Cytineen, welche perennirende Nährpflanzen befiedeln:

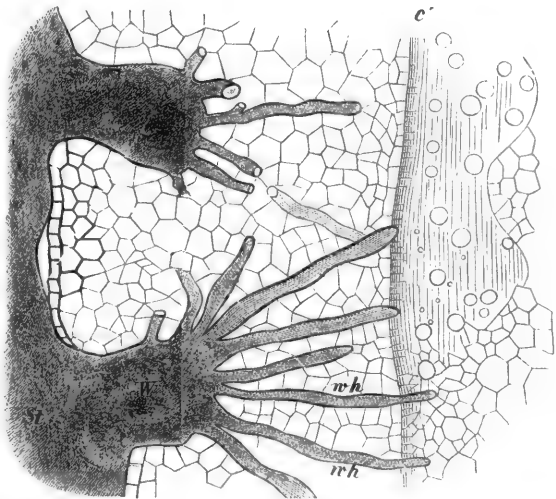


FIG. 221. Schematischer Querschnitt durch eine Parthie des Stammes der Balsamine, welche von einer *Cuscuta* umschlungen ist. *St W* Stamm und Wurzel der letzteren. *rh* die Wurzelhaare der Saugwurzel (Haustorium), welche weit in das Gewebe der Rinde bis zur cambialen Zone *c'* des Balsaminestammes vorgedrungen sind.

A) der Blütenstand entwickelt sich auf dem Laubblattsproß des Parasiten, *Viscum*;

B) der Blütenstand ist in dem Zustand der Anlegung noch in der Nährpflanze eingeschlossen, *Balanophora* und *Cytinus*, Fig. 218 A.

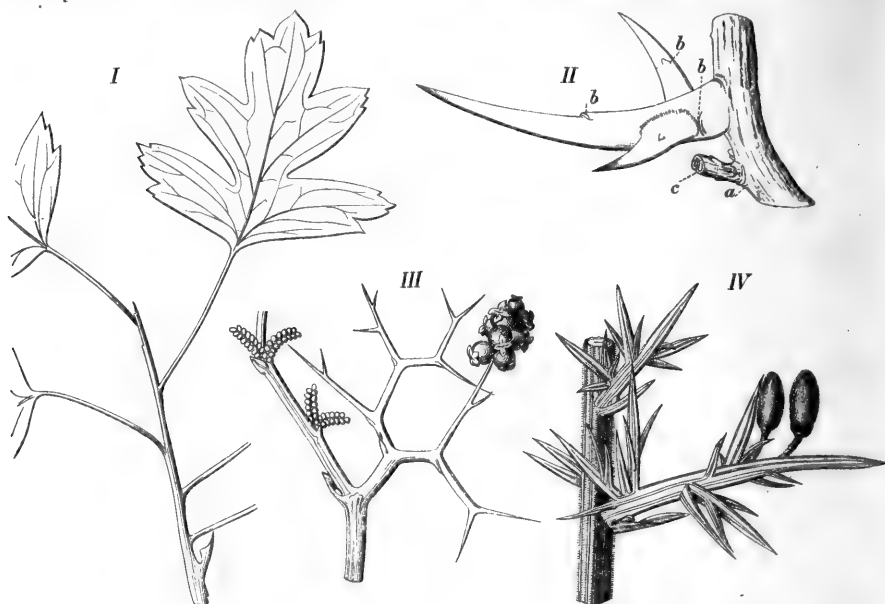


FIG. 222. I *Crataegus oxyacantha*, Zweigdorn noch beblättert, kurz nach der Knospenentfaltung. II ebenfolcher von *Crataegus crus Galli*, *b* die Blattknospen, welche von dem Axillarsproß angelegt waren. III Zweigdorne mit Stipulis, einer der Zweige ist in einen Blütenstand umgebildet. IV der Zweigdorn von *Ulex europaeus* ist bis zur dritten Ordnung verzweigt, die letzte Ordnung ist die Blüthe.

XXXI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die Haustorien entstehen auf dem Stammtheil, welcher die Nährpflanze an deren Stammtheil umschlingt. Beide Stämme sind einjährig und hinfällig, die Blüten und Samen (Früchte) entstehen auf dem Stengeltheil des sonst blattarmen Parasiten: *Cuscuten*.

XXXII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Der Parasit ist in früher Keimphase erdtüchtig, aus seinen Wurzelzweigen gehen erst die Haustorien hervor, welche die Wurzel der Nährpflanze befiedeln. Die Nährpflanze ist einjährig oder perennirend. Der blüthentragende und grün beblätterte Theil des Parasiten ist einjährig: *Thesium*, *Rhinanthus*.

XXXIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Wie vorher. Der blüthentragende Theil ist einjährig. Die Blätter sind rudimentär und bleich oder mit braunen oder violetten Pigmenten versehen: *Lathraea*, *Orobanche*.

8. Defensivwaffen (Zweigdorne).

Die Dorne, soweit sie Stammgebilde sind, können selbst der Anlage nach Axillarsprosse sein, welche frühzeitig verholzen, so bei *Smilax*, dem lehrreichsten Beispiel. Oder es sind eingegangene Seitentriebe, welche im ersten Jahr beblättert waren. Ihr Vegetationspunkt geht nach der Blattentfaltung ein. Der Knospenschluß erfolgt nicht. Das Gebilde verhärtet und stellt eine spießförmige Vertheidigungswaffe dar. *Cratægus* und andere Pomaceen, Fig. 222.

Bei *Gleditschia* und zahlreichen Papilionaceen entwickelt sich der getheilte Dorn als ein beblättertes Zweigsystem mit mehreren Ordnungen, Fig. 222 IV. Wenn wir der Rangordnung nach diese Waffen ordnen, so erhalten wir:

XXXIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

A) Der Vegetationspunkt eines gegebenen tragenden Astes oder einer Hauptaxe bildet die Hauptknospe, welche indeß auch aus der Niederblattregion eines Rhizomes hervorgehen kann (Anschluß f. oben bei dem Cyclus XXIV, bei den Knollen und Rhizompflanzen), beginnt mit der Niederblattregion, endet mit der Laubblattregion, geht sodann ein und wird zum Dorn. Ein lehrreiches Beispiel sind die endständigen Stammdorne von *Rhamnus cathartica*;

B) der Axillarsproß eilt vor und wird zum blattlosen Dorn: *Smilax*;

C) ein ursprünglich verzweigtes und beblättertes System läßt in jedem Zweig, nachdem die Blätter entwickelt sind, den Vegetationspunkt eingehen, jeder Zweig wird zum Dorn mit ruhenden Axillarknospen der hinfälligen Laubblätter, Fig. 222 II;

D) ein Theil eines solchen Systems bildet den Zweig zum Blütenstand aus, Fig. 222 III und IV.

Wir sehen somit die Bewaffnung aus allen Zweigregionen ermöglicht und in vielen Fällen ein Voreilen der Axillarknospen gegenüber den laubtragenden Zweigen.

§ 29. Wurzel¹⁾.

Mit den Gefäßkryptogamen tritt die Wurzel auf und bleibt durch alle höheren Descendenten erhalten mit Ausnahme weniger. Vor allen lehr-

¹⁾ Literatur: Wurzel, Knollen und Zwiebeln.

H. v. MOHL, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. 225. 33. 65. 77. 89. 313. 21. Bot. Ztg. 62. -- Dr. TH. HARTIG, Ueber

reich find *Psilotum triquetrum* (Lycopodiaceen), *Epipogum* und *Corallorrhiza* (Orchideen), wo die Zweige des Rhizomes ihre Function übernommen haben (Fig. 224 I). Vielleicht find die Rhizomzweige des *Psilotum* die ersten Anlagen zu einer Umbildung von Stämmen in Wurzeln: sie gabeln sich dichotomisch und entbehren der Wurzelhaube (Fig. 130).

1. Morphotische Stellung der Wurzel.

Die Neigung, gewisse stammartige Zweige zu bilden, welche in ihrer Bildungsweise und Gliederung vom Stamme wesentlich abweichen, tritt plötzlich in den genannten Verwandtschaftskreisen als fester Charakterzug hervor, jedes Rudiment fehlt bei den Moosen. Die einzige Pflanze, welche, soweit bis jetzt bekannt, den Uebergang zwischen Stamm und Wurzel vermittelt, ist *Psilotum* (Lycopodiaceen).

Jeder Uebergang aus dem terminalen Verzweigungsmodus (der Charaktereigenthümlichkeit des Stammes) nach dem extremsten Zug im Verzweigungsmodus der Wurzel fehlt uns, mit Ausnahme der dichotomen Wurzel. Nirgends aber ist eine Pflanze gefunden, welche uns die leiseste Andeutung gäbe, wie sich an einem terminalen Zweigsystem einer der Zweige plötzlich nach dem Wurzelcharakter hinneigt.

Bei *Psilotum* könnte vielleicht der Charakter der Wurzel entwicklungsgeichtlich festgestellt werden. Es fehlt aber bis jetzt die Kenntniß der Keimung dieser Pflanze.

Der morphotische Hauptzug der Wurzeln liegt in der Bildung der Wurzelhaube, ein auf eine einzige Segmentzelle des Scheitels zurückgeführtes Zellsystem, dessen Alter, Verhärtung, Festigkeit von Außen nach Innen abnimmt, die Haube entspricht einer partialen Rindenbildung, welche sich auf die Spitze der Wurzel beschränkt.

Die Wurzelhaube ist das erste Rudiment zu der auffälligen Bildung der Rinde der dicotylen Bäume.

das sog. Absterben der Haarwurzeln. 289. Bot. Ztg. 63. Ueber die Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln. 288. Bot. Ztg. 63. — TH. IRMISCH, Zur Morphologie der monocotyledonischen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin 1850. G. Reimer. — DR. TH. HARTIG, Ueber Bildung und Entwicklung der sog. Knospenwurzeln. — JOSEPH BÖHM, Physiologische Bedingungen der Bildung von Nebenwurzeln bei Stecklingen. 1867. K. K. Akad. der Wissenschaften. — J. REINKE, Zur Geschichte unserer Kenntniß vom Bau der Wurzelspitze. 661. Andeutungen über den Bau der Wurzel von *Pinus Pinea*. 49. Bot. Ztg. 72. — DR. K. PRANTL, Untersuch. über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln. JUL. SACHS, Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. JUL. SACHS, Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann. — DR. E. v. JANCZEWSKI, Das Spitzenwachsthum der Phanerogamenwurzeln. 113. Bot. Ztg. 74. — J. SCHUCH, Ist der Epheu die einzige Pflanze, welche bei uns Luftwurzeln bildet? 817. Bot. Ztg. 76.

Bezüglich der Stellung der Wurzel ist ein Hauptzug, daß sie aus dem Innern der Wedelbafen wie des Stammes in der Nähe einer Fibrovasalfspur,

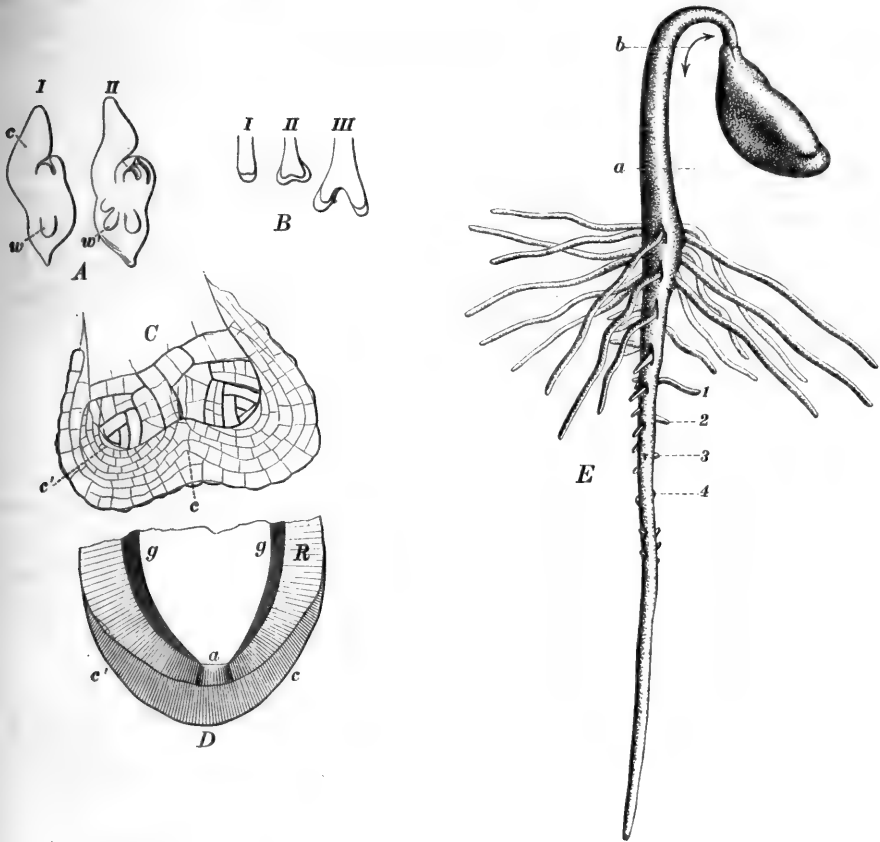


FIG. 223. A Keimling von *Triticum*, I mit einer, II mit mehreren Wurzelanlagen *w w'*. B drei Zustände der Wurzel von *Selaginella hortensis*, I vor, II während, III nach der Gabelung. C Gabelungsstelle stärker vergrößert aus II in B, *c* Wurzelhaube für die ursprünglich unverzweigte Wurzel, *c'* dieselbe für die beiden Gabeläste. D Wurzelspitze von *Vicia Faba*, schematisch im Längsdurchschnitt, *c* *c'* Wurzelhaube, *g g'* Gefäßbündelzone, *a* Vegetationspunkt. E Wurzelsystem einer dicotylen Pflanze, die Seitenwurzeln entstehen in der Folge 1 2 . . . , aber lange nachdem die Spitze in dem Orte der Verjüngung gegenwärtig ist. (Sacus, Bot. Ztg. Jahrg. XVII.)

aber niemals aus dem Vegetationspunkte dieser Gebilde entspringt. Anders liegt dieß für die Keimpflanze bei den Farrenkräutern, Isoëteen. Bei *Marsilea* und *Pilularia* läßt sich die Initialzelle der Wurzel auf die ersten Quadrantenzellen der jungen Keimanlage zurückführen. Streng gefetzmäßig an einem bestimmten Orte der Keimpflanze tritt die Wurzel auf bei den Equiseten, den Coniferen und Phanerogamen.

Gegen die zufällige (adventive) unbestimmte Lage in der frühen Keimphase der embryonalen Entwicklung spricht auch die Entwicklungsgeichte der *Azolla*. (S. oben S. 311, man vergl. auch S. 306 ff., 316 ff.)

Die Verzweigung geschieht im Scheitel und streng dichotomisch bei Isoëtes, den Lycopodiaceen und Selaginella, Fig. 223 B C. Die Wurzelknospe I verbreitert sich unter der Wurzelhaube, welche mitwächst. Ein Durchschnitt durch die Spitze, Fig. 223 C, zeigt alsdann zwei nahezu gleich-

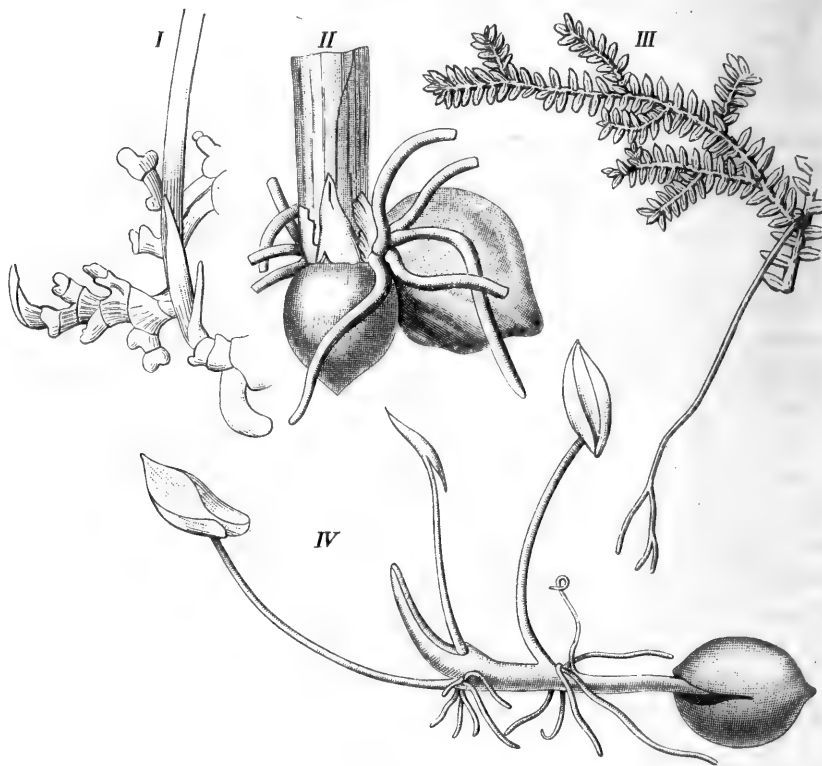


FIG. 224. I Rhizom von *Corallorrhiza innata* mit einer Inflorescenz und zahlreichen Niederblattknospen. II Mutter- und Tochterknolle von *Orchis mascula*, rechts die Mutterknolle aus dem vorigen Jahre, nach vorn die Tochterknolle, welche im laufenden Jahr zur Blütenbildung schreitet, an dieser sitzt als kleiner Kegel die Knospe für die Enkelknolle. III Kleine Parthie des beblätterten Stammes von *Selaginella* mit einer dichotomen Wurzel, welche sich im Scheitel verzweigt (vergl. Fig. 223). IV Keimpflanze von *Victoria regia*, der Same entläßt das Rhizom, welches erst an der Einfügungsstelle der Blätter Adventivwurzeln bildet. (PRILLIEUX, *Ann. d. sc. V.* 7.)

werthige Scheitelzellen, zwei Convolute c' , welche den Wurzelhauben der beiden Gabeln entsprechen. Diese sind im Beginne noch eingehüllt in die gemeinschaftliche Haube c , welche der ursprünglich unverzweigten Wurzel zukam. Diesen Gefäßkryptogamen fehlt jede adventive Verjüngung an der tragenden Wurzelaxe. Die beiden Wurzelgabeln weichen im Verlauf der weiteren Theilung immer weiter auseinander, sie werden zu Wurzelästen, Fig. 223 B, I II III, und erhalten das Ansehen des Wurzelsystems, Fig. 224 III.

Die Wurzelspitze aller höheren Pflanzen bleibt unverzweigt. Die Seiten-

zweige entstehen im Innern der tragenden Wurzel an der Grenze des Fibrovaskulärsystems und der Rinde. Die erste Anlegung geschieht wie bei einer endogenen Knospe; die Zellen des Grundgewebes der Rinde theilen sich. Es entsteht der immer vielzellige Vegetationspunkt der Wurzelknospe, an welchem sehr bald die Initialen der Wurzelhaube ausgebildet werden. Das Knöspchen ist nach der Innenseite der tragenden Wurzel mit den Zuwachselementen des Fibrovaskulärkörpers derselben verwachsen und streckt sich, indem es die in seiner Bahn liegenden Rindenzellen verdrängt, Fig. 223 *E 4-1*. Es tritt endlich über die Oberfläche der Tragwurzel hervor, seine Gefäßbündel verschmelzen mit den Gefäßbündeln der tragenden Wurzel. Die geometrische Stellung solcher Adventivwurzeln ist allein abhängig von der Lage der tragenden Wurzel und der Vertheilung der Gefäßbündel in dieser. In der Wurzel, Fig. 223 *E*, stehen die Seitenwurzeln in Reihen, welche parallel den primären Gefäßbündeln in der Tragwurzel geordnet sind.

Auch die Keimwurzeln der Monocotylen, Coniferen und Dicotylen entstehen später als die ersten Blätter. Fig. 223 *A* zeigt einen Graskeimling *I* zur Zeit wo die erste Keimwurzel im Innern der primären Axe angelegt wird. In *II* sind zwei noch später entstehende Wurzelknospen bei *w* verzeichnet. Bei der Streckung dieser Wurzeln wird die primäre Axe zerissen. Die Monocotylen und Dicotylen unterscheiden sich im Allgemeinen dadurch, daß zur Keimaxe bei den letzteren eine einzige herrschende, sog. Pfahlwurzel oder Hauptwurzel gebildet wird, während die Monocotylen zahlreiche, zumeist büschelig gestellte Keimwurzeln anlegen. Wenn schon in der ersten Keimphase eine dieser vorherrscht, so wird sie doch bald von den übrigen eingeholt. Die Nadelhölzer schließen sich in dieser Hinsicht an die Dicotyledonen an. An der dicotylen Keimpflanze, Fig. 223 *E*, Fig. 225 *I II*, differenzirt sich die primäre Axe von *E* bis zu den Cotyledonen in das hypocotyle Stammglied, dessen directe Fortsetzung die Pfahlwurzel bildet. Diese unterscheiden sich in der großen Mehrzahl der Formen im Querschnitt in der anatomischen Beschaffenheit der Fibrovaskulärmassen.

Die Wurzelanlage fehlt in den Samen mehrerer Familien der Phanerogamen, so bei den Orchideen, den Nymphaeaceen, den Orobanchéen und Monotropéen (s. Entwickl. des Keimes, weiter unten).

2. Die Stamm- und Wurzelverschmelzungen.

Im Allgemeinen besitzt der Dicotylenstamm einen Markcylinder, welcher bei dem Uebergang in die Wurzel verschwindet, dadurch, daß die Fibrovaskulärstrahlen in centripetaler Richtung wachsen, bis sie im Mittelpunkt der Wurzel zusammentreffen (vergl. Farrenkräuter, oben S. 295).

Bei diesem Uebergang wird eine rübenartige Anschwellung gebildet bei den Umbelliferen und Cruciferen, Fig. 225 *III IV*. Wählen wir das

nächste Beispiel, *Raphanus* z. B. Bei dem Radieschen, Fig. 225 III, wächst das hypocotyle Glied, indem es sich mit der Pfahlwurzel zu einem spindligen Rotationskörper modelt, so, daß es zuletzt unter dem mächtigen Druck das freilich noch saftige Periderma sprengt, welches in zwei Läppchen, $p p'$, an der heranwachsenden Rübe abgeschüffert wird, Fig. 225 IV.

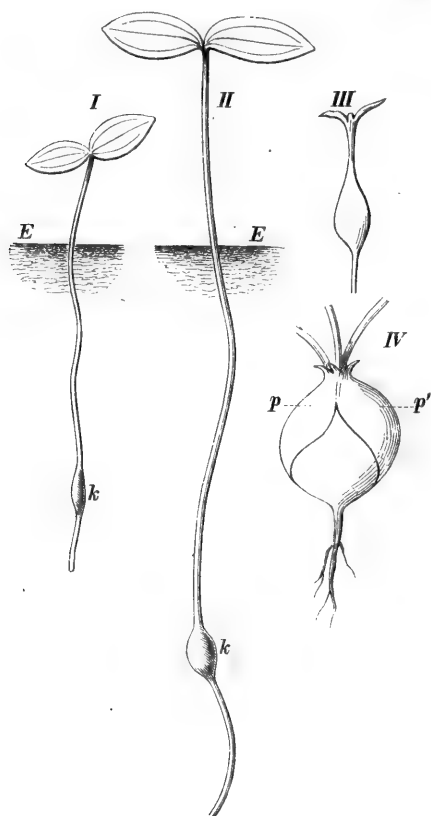


FIG. 225. I II *Eranthis hiemalis*, Keimpflanzen, *E* Niveau der Erde, bei *K* entwickelt sich die Knolle. (IRMISCH, Bot. Ztg. 1860, Nr. 25.) III IV junge Radieschen, bei $p p'$ reißt das Periderma der Rübe.

Verschmelzungen dieser Art bilden sich auch bei der Kartoffel, welche in ihrem knolligen Theil einem Rhizom mit unterdrückter Niederblattbildung entspricht. Andererseits ist die Entwicklung der mit Knollrhizom perennirenden *Eranthis*, der *Aconite* (*Ranunculaceen*) von Interesse, Fig. 225 I. Die junge Keimpflanze von *Eranthis* sendet die Hauptwurzel unter den Boden *E*, entwickelt die Cotyledonen und die Plumula. An der Stelle *k* bildet sich die Hauptwurzel knollenförmig aus. Die Keimpflanze über dieser Stelle geht ein. Die dauernde Verjüngung erfolgt aus der Knolle durch Adventiv- oder Niederblattknospen (vergl. Fig. 205, 206 oben).

Aus der Wurzel perennirender Phanerogamen entsteht adventiver Stockauschlag nicht nur bei der Mehrzahl der Laubbäume, sondern auch bei vielen krautartigen Pflanzen. Viele Unkräuter verdanken diesem Verhalten ihre rasche, von der Befamung unabhängige Vermehrung, z. B. *Linaria*, *Epilobium*. Auch für *Pyrola*arten (*P. uniflora*) wird eine Verjüngung aus den Wurzeln angegeben.

Die Wurzel functionirt wesentlich als Nährorgan (f. Bd. I, S. 411 ff.). Sie ist eine Angriffswaffe (f. S. 389) oder ein Kletterapparat bei dem Epheu und zahlreichen tropischen Pflanzen. Der Epheu preßt seine negativ heliotropischen Zweige fest gegen die Stütze. An der Berührungsstelle zwischen Zweig und Stütze bilden sich in mehreren oder einer Längsreihe bald zahlreiche Adventivwurzeln, welche die Rinde durchbrechen, gegen die feste

Stütze wachsen, sich dort festpressen, derart, daß sie nur mit Aufwand merklicher Zugkraft losgerissen werden können.

Eine Synopsis der Wurzelentwicklung und Morphologie ergibt von den niederen nach den höheren Pflanzen diese Hauptzüge:

I. Die Wurzel ist ein mit ihren Initialzellen frühzeitig auftretender Abkömmling der Gonosphäre, beziehentlich des ersten Zellencomplexes der embryonalen Pflanze: Farrenkräuter, Marsilea, Pilularia.

II. Diese Primärwurzel fehlt bei *Salvinia*, sie tritt erst an den Zweigen auf bei *Azolla*. Bei der letzteren Pflanze ist sie in ihren Initialen auf die Stammsegmente zurückführbar.

III. Die Wurzel ist ein späterer Abkömmling der Gonosphäre bei den Equiseten, Coniferen, Phanerogamen.

IV. Die Wurzel fehlt in der ersten Keimphase ganz, tritt erst bei weiterer Entwicklung auf: *Orobanche*, *Lathraea*, *Monotropa*, *Victoria* (Nymphaeaceen, Fig. 224).

V. Sie fehlt für die ganze Dauer des Lebens bei *Lemna arhiza* und *Corallorrhiza*, Fig. 224 I.

VI. Die Wurzel der Lycopodien, Isoëten, *Selaginella* gabelt sich in ihrem Scheitel; diese Eigenschaft ist den höheren Pflanzen verloren gegangen:

a) Adventivwurzeln entstehen in der Rinde der Tragwurzeln und Stämme, Fig. 223 E, 224 III.

b) Adventivwurzeln entstehen in Quirlen in den Blattachseln, so namentlich der Gräser, Palmen, Cyperaceen u. a. m.;

c) sie entstehen an den Knollen der Orchideen, Fig. 224 II, *Crocus*, *Iris*;

d) Verschmelzungen von Wurzel und Stamm führen zu den Rüben und Mittelfstöcken der Umbelliferen, Cruciferen, Ranunculaceen, Fig. 225.

VII. Da die Auszweigungen der Wurzeln nicht direct auf den Scheitel der tragenden Wurzel zurückwirken, muß ein anatomischer Unterschied im Verlauf der Fibrovasalstrahlen herrschen. Die Parastichenreihen, welche die Stammanatomie charakteristisch machen, fehlen den Wurzeln.

Bei den Phanerogamen ist die Zwiebel an und für sich eine Adventivknospe, d. h. die Anlage einer, wenn auch noch verkürzten Axe, welche fähig ist, auszuschlagen, neue Seitenachsen zu bilden und bis dahin meist in dicht übereinander gerückte Blattkreise eingehüllt bleibt.

Die Knolle ist von der Zwiebel nur dadurch verschieden, daß die Blätter ganz verschwinden oder doch sehr zurücktreten, die Axentheile in bedeutend überwiegendem Verhältniß zu den Blättern stehen.

Epilobium tetragonum bildet an der Blattbasis adventive Sprosse, welche am Ende zu einer Knolle anschwellen, sich trennen und ein neues Individuum bilden.

Tulipa silvestris bildet adventive Knospen, welche in den Boden gesenkt werden.

Hierher gehören auch alle viviparen Gewächse, z. B. *Asplenium bulbiferum*, *Bryophyllum*, *Ornithogalum*, *Scilla*.

Bei der Kartoffel find, wie schon angedeutet, die Blattanlagen ganz verschwindend. Ihre zukünftige Anlage ist im sogenannten Auge leicht mikroskopisch nachweisbar.

Der Unterschied zwischen Knollen und Zwiebel ist indeß nicht scharf zu ziehen. Bei der großen Mehrzahl der Zwiebeln sind die Blätter stengelumfassend, bei *Lilium* stehen die Blätter dachziegelig-schuppig.

§ 30. Das Blatt¹⁾.

Die Rolle, welche das Blatt in dem Haushalte der Pflanze in physiologischer Hinsicht spielt, wurde im I. Band, S. 490, abgehandelt. Ich beschränke mich daher hier auf die Entwicklungsgeschichte und Morphologie.

Zuerst wird zu untersuchen sein: wo entsteht das Blatt in der phylogenetischen Reihe? sodann: wo entsteht es in der Kette, welche von der Geschlechtszelle abgeleitet wurde? (S. oben S. 46, Tabelle.)

Auftreten des ersten Blattgebildes.

Hier sind zwei entwicklungsgeschichtliche Wege einzuschlagen:

1^o muß die erste Anlage des Blattes als Descendent des Vegetationspunktes aufgefucht, oder

1) Literatur: Blatt und umgewandelte Blattgebilde.

DAN. MÜLLER, Ein Versuch zur Berichtigung der Metamorphosenlehre. 52. Bot. Ztg. 56. — Dr. M. WRETSCHKO, Zur Entwicklungsgeschichte des Umbelliferenblattes. 305. 13. Bot. Ztg. 64. — J. REINKE, Ueber die Function der Blattzähne und die morpholog. Werthigkeit einiger Laubblatt-Nectarien. 47. 59. Bot. Ztg. 74. — Dr. FERD. COHN, Ueber die Function der Blasen von *Adrenandra* und *Utricularia*. COHN, Beitr. Heft 3. S. 71. Breslau 1875. J. U. Kern. — J. REINKE, Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane. PR. Jahrb. Bd. X. S. 119. — P. MAGNUS, Einige Bemerk. zu dem Aufsatz des Hrn. J. BORODIN, Ueber den Bau der Blattspitze einiger Wasserpflanzen. 478. S. ASCHERSOHN. Bot. Ztg. 71. — A. FAMINTZIN, Ueber die Entwickl. der Blattspitze von *Phaseolus multiflorus*. 508. Bot. Ztg. 75. — J. BORODIN, Ueber den Bau der Blattspitze einiger Wasserpflanzen. 841. Bot. Ztg. 70. — Dr. A. ENGLER, Ueber epidermoidale Schlauchzellen, beobachtet bei den Saxifragen der Sect. *Cymbalaria*, GRISEB. 886. Bot. Ztg. 71. — A. FAMINTZIN, Zweiter Beitrag zur Keimblattbildung im Pflanzenreiche. 540. Bot. Ztg. 76. — HOFMEISTER, Allgemeine Morphologie. — EICHLER, Blüthendiagramme. — PAYER, *Organogénie de la fleur*.

2° es muß daselbe als Descendent von der Keimkugel aufgesucht werden.

In beiden Wegen wird man die Descendenzreihe der Zelltheilungen von der Ausgangszelle auffuchen.

Der erste Weg muß für die Moose unter allen Umständen, der zweite Weg für die Gefäßkryptogamen und Phanerogamen eingeschlagen werden.

Bei den Moosen (Entwicklungsreihe: Keimzelle im Archegonium, Sporenkapsel, Spore — Spore, Protonema, beblätterte Pflanze mit einzelligem Vegetationspunkt) ist das Blatt in seiner ersten Anlage ein sehr naher Descendent der Scheitelzelle, Fig. 113. Das jüngste sichtbare Blattgebilde tritt schon nach der zweiten bis dritten Theilung des Segmentes *abc* als Warze über die Kegelfläche der Stammspitze. Die Entwicklungsreihe in der Fläche des Blattes erhellt aus der Fig. 116, S. 210.

In der Querschnittsansicht, Fig. 114, treten die Insertionsflächen der Blätter als ähnliche ungleichseitige Dreiecke oder als parallelepipedischer Abschnitt der sphärischen Scheitelfläche *t* hervor. Das Segment selbst theilt sich in der ersten Anlage in einen Stamm- und einen Blatttheil. Der Stammtheil ist der Ascendent für alle Haargebilde (und in der weiteren Entwicklung dieser der Antheridien und Archegonien). Das Blatt der Moose selbst entbehrt durchaus alle metamorphe Verjüngung. Es bringt höchstens bei den Jungermannien Brutzellen durch Ab schnürung und Theilung vegetativer Zellen der Blattfläche hervor.

Bei einem Ueberblick von den Moosen rückwärts nach den Florideen, Delesserien, Characeen bis zu den Caulerpen stellt sich, soweit die Entwicklungsgeschichte reicht, kein Anschluß, weder in histologischer, noch in morphotischer Hinsicht, heraus. Man hat die gefiederten Auszweigungen der Caulerpen, die Seitenzweige der Charen Blätter genannt, vielleicht ohne damit andeuten zu wollen, daß in allen diesen Gebilden ein phlogenetischer Zusammenhang bestehen soll. In Wirklichkeit sind die Begriffe Caulom (Stammgebilde), Phyllom (Blattgebilde), Trichom (Haargebilde) aus der Morphologie und Systematik der Phanerogamen entlehnt. Bis jetzt fehlt aber selbst eine vergleichende, die Histologie berücksichtigende Entwicklungsgeschichte für die höheren Blattpflanzen von den Moosen nach den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. Die Rangfolge am Vegetations-

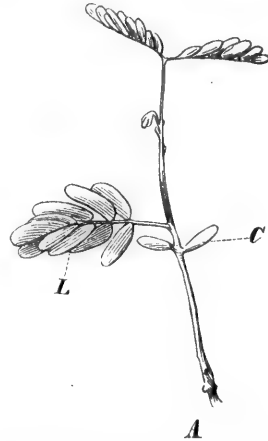


FIG. 226. *Acacia Melanoxylon*. A Keimpflanze, C Cotyledonen, L Laubblätter in der Tag-, oben zwei Blätter in der Nachtstellung (vergl. Bd. I, S. 286).

punkt, welche von HOFMEISTER als maßgebend angegeben wurde, ist durch mehrere Entwicklungs geschichten bei den Phanerogamen widerlegt. Soviel ist klar, daß von den Moosen nach den Charen für die Auszweigungen, welche Blätter genannt werden, ein morphotischer Anschluß nicht besteht. Eine geringe morphotische Aehnlichkeit kann zwischen den Moosen (Trichocoleen) und einigen Florideen gefunden werden. Ziemlich schroff und unvermittelt aber erscheint der Uebergang nach den Gefäßkryptogamen, während derselbe von letzteren nach den Phanerogamen einigermaßen vermittelt erscheint durch die Blätter einiger Coniferen (Cycadeen).

1. Keimphase der Wurzelpflanzen.

In der Keimphase functionirt das Blatt in aufsteigender Linie bis zu den Gymnospermen sofort als Laubblatt, und es entwickelt sich, wie oben S. 291 ff. gezeigt wurde, als naher Descendent der ursprünglichen Eizelle unmittelbar nach der Befruchtung, so bei den Gefäßkryptogamen, wo der Altersunterschied zwischen der ersten Wurzel und dem ersten Blatt verschwindend klein ist.

Bei allen Coniferen kommen die Keimblätter als grüne laubblattähnliche Gebilde zur vollen Entfaltung. Bei der Welwitschia ist selbst die Pflanze für viele Jahrzehnte auf die ausdauernden riesenhaften Cotyledonen angewiesen. Erst bei den Phanerogamen sinken einerseits die Cotyledonen der Form nach ganz herab (Orchideen), oder sie werden gar nicht entfaltet (Quercus, Pisum), verharren als Reservebehälter bis zur Erschöpfung des Vorrathes der in ihnen angehäuften Nährkörper in den Samenschalen, oder sie bilden sich laubblattartig aus und functioniren als Assimilatoren. In einem und demselben Verwandtschaftskreise selbst kommen beide Arten der Function vor, so z. B. Quercus und Fagus, Pisum und Phaseolus u. a. m. (f. oben S. 340, Fig. 190).

Es wurde oben schon bei der Besprechung der Wurzel darauf aufmerksam gemacht, daß der Keimling nicht bei allen Pflanzen ausgebildet wird, häufig nur aus einer Zellenwarze besteht, an welcher die Organe nicht differenzirt erscheinen, so verhalten sich auch in Bezug auf die Keimblätter die Orchideen, Monotropeen, Orobanche, Lathraea und Nymphaeaceen. Das Fehlschlagen eines Keimblattes ist beobachtet bei manchen Arten aus Dicotylengattungen, welche Knollen oder Knollrhizome bilden, z. B. Carum bulbocastum, bei den knollenträgenden Corydalis-, Aconitumarten u. a. m. Bei den Aconiten kann gezeigt werden, daß beide Keimblätter der Anlage nach vorhanden waren, daß erst bei der Keimung das eine fehlschlägt, verkümmert. Besonders auffällig hierbei ist, daß die nicht knollenbildenden Arten derselben Dicotylengattungen die beiden Keimblätter ausbilden. Dieß ist eine Compensation in der Entwicklung.

2. Entwicklung des Laubblattes.

Alle Blattgebilde entsprossen als kleine Warzen am Vegetationspunkt, welche sich mehr oder weniger verbreitern, denselben umfassen, einhüllen.

Schon sehr frühzeitig differenzieren sich das Fibrovasalsystem und die Auszweigungen der Blattfläche. Betrachten wir zunächst die äußere Form.

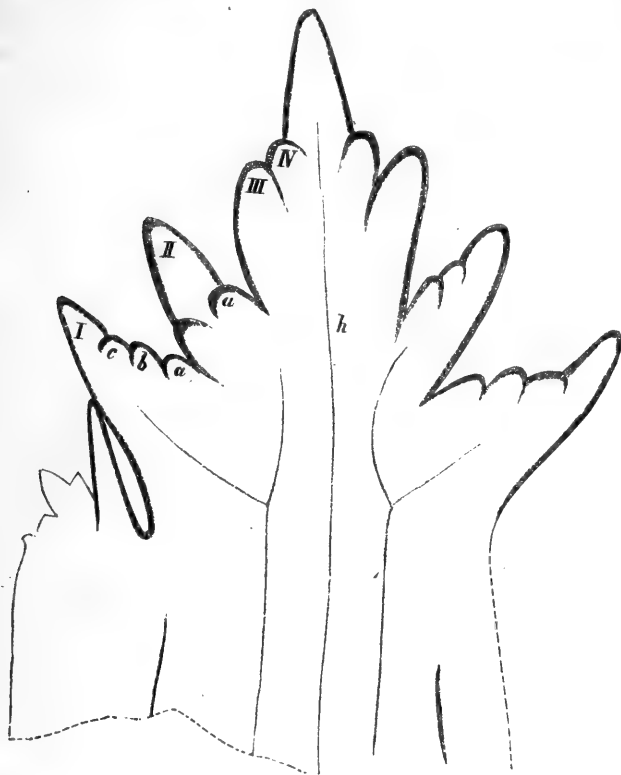


FIG. 227. *Aralia spinosa*, früher Entwicklungszustand des Laubblattes. Die Fieder der ersten Ordnung sind in der Reihenfolge I II III entstanden, an diesen folgen wiederum die Seitenblättchen in der Richtung *a b c*. Drei Hauptnerven sind gebildet, der mediane ist ungeteilt, die beiden seitlichen haben sich bereits gegabelt. (Nach NÄGELI und CRAMER, Pflanzenphys. Unterf. I. Heft. Zürich 1855.)

Die große Mehrzahl der Blätter bildet ihre seitlichen Zweige, Zähne, Lappen, Fieder, in akropetaler Folge, so daß der untere Fieder der ältere, der obere der jüngere ist. Zuerst differenziert sich das Nebenblatt, Fig. 227, sodann die Fieder der ersten Ordnung, hierauf die der zweiten u. f. f.

In dem Maße, wie diese Differenzierung fortschreitet, entwickeln sich die Nerven; so ist *h*, der Hauptnerv, Fig. 227, bereits bis in die Nähe des apicalen Zipfels fortgeschritten, die zwei Gabeläste der lateralen Bündel, Fig. 227, folgen demnächst. Das reichstgegliederte Blatt von *Foeniculum* enthält alle feine Glieder schon angelegt, während es nur 2—3 mm groß ist. In dem ausgewachsenen Zustande kann es 1—2 Fuß groß sein.

Bei den Rosaceen wird dieselbe Entwicklungsfolge eingehalten. Es kommt aber hier zu einer früheren Streckung der Fieder im entgegengesetzten Sinne der Anlegung: die oberen Blattfieder strecken sich früher als die unteren.

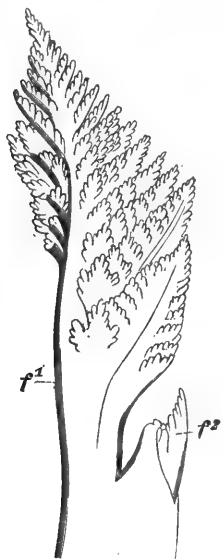


FIG. 228. *Foeniculum officinale*. Zwei Laubblätter f^1 und f^2 noch im Knospenzustande. Man unterscheidet an dem f^1 schon die in akropetaler Folge entstandenen Fiederblättchen bis zur dritten Ordnung. Das Blatt f^2 ist von der Blattbasis des Petiolus eingeschlossen (nach PAYER).

Die Entwicklung der gefiederten Leguminosenblätter ist ähnlich wie diejenige der gefiederten Umbelliferen.

In ganz anderer Weise entwickeln sich die Blätter der Araliaceen und Jug-

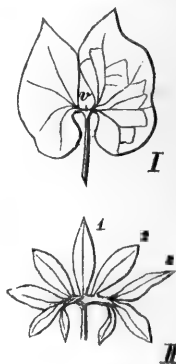


FIG. 229. Blätter, welche in centrifugaler (sympodialer) Weise sich entwickelten. I von *Zygophyllum*, der Vegetationshügel v des Blattes bleibt rudimentär, die beiden Fiederblättchen entwickelten sich flächförmig, das Blatt wird zweitheilig. II *Helleborus*, die Folge der Blattabschnitte geht von 1 nach 2 und 3, also von dem Scheitel nach der Basis.

lande. Hier entwickeln sich zwar an dem Blatende seitliche Abzweigungen, aber die unteren entstehen später als die oberen mit der allmähigen Längsentwicklung des Blattes. Bei den doppelt gefiederten Blättern können natürlich an den Abzweigungen erster Ordnung dieselben seitlichen Abzweigungen zweiter Ordnung auftreten, wie sie für das Hauptblatt zuerst entstanden, und die Entstehungsfolge ist dann ebenfalls eine akropetale.

Bei *Lathyrus aphaca* ist die unterste Abzweigung des Nebenblatts die bedeutende, während gegen oben keine blattartige Abzweigung stattfindet, dagegen wird dort die Ranke ausgebildet.

Der Endzipfel des Blattes entfaltet sich zuerst, und es schreitet die Anlegung in der Richtung 1 2 3 . . . fort, Fig. 229 II, bei den Helleboreen.

Der Endzipfel geht ein zu einem winzigen Zipfelchen, und es entfalten sich zunächst dichotomisch die beiden Seitenzipfel, Fig. 229 I, bei *Jeffersonia* und *Zygophyllum*.

Diese Entwicklungsfolge wurde die centrifugale genannt, sie entspricht

der sympodialen Zweigbildung der Ulme, Linde und zahlreicher Blütenstände, welche die cymösen Inflorescenzen genannt wurden.

Abnorme Bildungen am Blatte sind taschenförmige Auswüchse aus der Spitze, Fig. 230, welche an den Blättern der Laubbäume unserer Zone gelegentlich bei den Nepentheen als gesetzmäßige Metamorphosen vorkommen.

An jedem Axengebilde find die unteren Blätter schwächer in der Form und Gliederung, die mittleren und oberen stärker, reicher in der Gliederung. Die obersten sinken wieder in die Niederblattregion herab, jeder Zweig erreicht somit ein Maximum der Entfaltung gegenüber zwei Minimis, von welchen eines dem Beginne, eines dem Schlusse der Evolution zukommt.

Hemmungen in der Blattfläche, Fig. 231, sind überaus häufig, wenige Beispiele mögen hier genügen. Die Innenseiten der Blättchen α α' , Fig. 231, sind verkümmert, bezogen auf ihre Außenseiten. Das Blättchen α in V,



FIG. 230. I eine kleine Blattparthie, eines der Fiederblättchen hat feinen Mittelnerv zu einer Granne ausgebildet, an deren Ende eine tütenförmige Wucherung gebildet ist. Dieselbe ist in II stärker vergrößert.

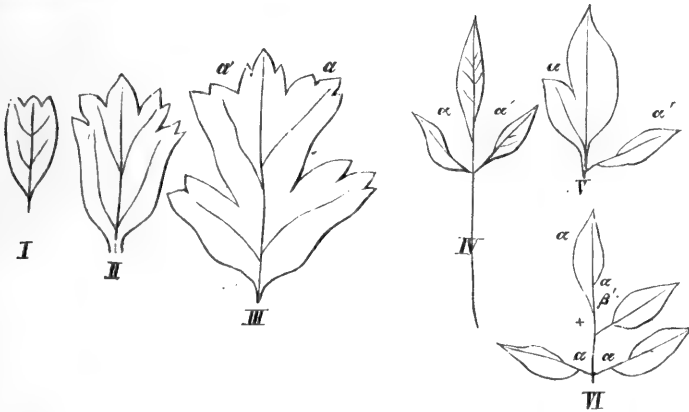


FIG. 231. I II III Entwicklungsreihe von unten nach oben an einem Zweig von *Crataegus oxyacantha*. IV V VI Blätter von *Sambucus nigra*. IV zeigt die Fieder außen mehr gefördert als innen. In V ist ein Fieder mit dem Endblatt verwachsen. In VI ist im unteren Paare die Anordnung wie in IV, im oberen Paar ist ein Blatt bei + fehlgeschlagen, an dieser Seite ist das Hauptblatt mehr gefördert als an der entgegengesetzten.

Fig. 231, beeinflusst das Endblatt an der ihm zugewandten Seite, die andere nicht beeinflusste Seite ist gefördert. In V ist die linke Seite verschmolzen mit dem oberen Blättchen, die rechte Seite ist getrennt. In VI ist ein Blatt im oberen Wirtel fehlgeschlagen. Andere wechselseitige Beeinflussungen lassen sich zu jeder Zeit draußen auffinden.

Zur Morphologie des Laubblattes beachten wir, daß dasselbe streng gesetzmäßig für einige Verwandtschaftskreise zwei Nebenblätter, Fig. 233, 234, anlegt, welche in der Knospenentwicklung meist etwas gegenüber dem

Hauptblatt voreilen, so bei den Betulineen, Salicineen, Cupuliferen. Dieselben werden mit der Knospenentfaltung hinfällig, bergen aber meist Axillarsprosse von geringer Größe. Diese Nebenblattknospen ruhen in der Regel und werden gelegentlich geweckt, wenn das Baumsystem, durch Bruch oder Beschneidung beeinflusst, einen Theil seiner normalen Zweige verliert; so

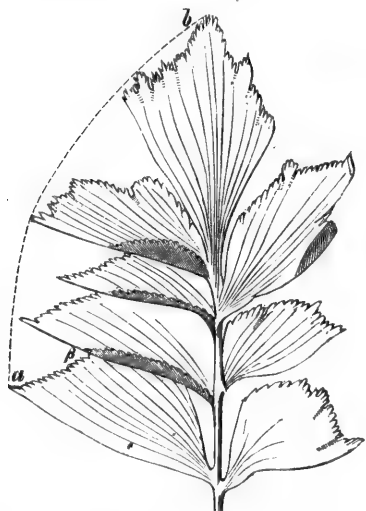


FIG. 232. Blatt von *Caryota*. Das ausgewachsene Blatt, *a b* der ursprüngliche Blattrand, β eine der Stellen, welche aus dem ursprünglich ganzrandigen Blatte durch Resorption verschwunden sind.

entstehen die Wasserreifer. Die Nebenblätter fehlen bei vielen Decussirten. Die Nebenblätter werden laubartig ausgebildet bei manchen Papilionaceen, bei einigen Formen, z. B. *Lathyrus aphaca*, übernehmen sie vollständig die Function des Hauptblattes, während dieses zur Offensivwaffe (Ranke) umgebildet wird. Die Nebenblattgebilde verwachsen mehr oder weniger vollständig bei *Liriodendron*, *Platanus* und bei den Polygoneen.

3. Resorption der Blattfläche.

Während des Ueberganges aus dem Knospen- nach dem ausgewachsenen Zustand vollziehen sich bei den Blättern der Aroideen, bei *Uvirandra fenestralis*, *Monstera*, *Arum*, bei den Palmen *Caryota*, *Chamærops* u. a. m. Resorptionen, durch

welche das Blatt fensterförmige Durchbrechungen erhält oder in Fieder und mehr oder weniger unregelmäßige Lappen zerfällt. Bei allen Palmen entsteht die gefiederte Form oder die fächerige Theilung der Blattfläche in dieser Weise. Bei *Chamærops* zerspalten sich die Fieder noch, nachdem das Blatt feine endliche Ausdehnung erreicht hat. Fig. 232 zeigt ein solches gefiedertes Blatt, welches ursprünglich ganzrandig war.

Form des Laubblattes.

Das Laubblatt zeigt die größte Mannigfaltigkeit der Form. Die beschreibende Botanik unterscheidet ganzrandige Blätter von den gezahnten, gelappten, getheilten, gefingerten, gefiederten. Zunächst je nach dem längeren oder kürzeren Blattstiel wird das Blatt gestielt oder sitzend genannt. Die äußeren Umrisse ganzrandiger Blätter können in dieser Reihe geordnet werden, die Bezeichnungen bedürfen meist mit wenigen Ausnahmen keiner weiteren Definition: Das Blatt ist linear, beide Ränder parallel, z. B. Gramineen, Cyperaceen, Irideen; lanzettlich, die beiden Ränder convergiren nach der

Spitze; pfeilförmig, herzförmig, in allen diesen Formen ist die obere Endigung zugespitzt. Das Blatt ist verkehrt eiförmig, wenn die herzförmige Einbuchtung (hier ist die Form des Herz im Kartenspiel gemeint) im Scheitel der Blattfläche, die Spitze dieser Form in dem Blattstiel verläuft. Die Blattfläche wird elliptisch, eiförmig und verkehrt eiförmig genannt, in der ersteren Form ist die breitere Seite der Eiform die Basis, im letzteren Fall die Spitze des Blattes. Das Blatt wird kreisrund und überschreitet selbst in der Querrichtung den Längendurchmesser. Alle diese Blattformen können nun noch gezahnt (spitzwinkliger Einschnitt) oder gekerbt (bogenliniiger Einschnitt) sein. Der Zahn ist ursprünglich eine kleine Abzweigung des Blattes, welche in dem Maaß wie das Flächenwachsthum erfolgt, mehr und mehr nach der Peripherie verschoben wird. Die Zähne entstehen wie die Fiederlappchen in akropetaler Folge (Fig. 227, 228). Das Blatt wird gelappt, wenn die Einschnitte über $\frac{1}{3}$ in die Blattfläche eingreifen, getheilt, wenn die Einschnitte bis zur Basis oder deren Nähe fortschreiten. Man unterscheidet die finger- oder handförmige Theilung von der fiederlappigen oder fiedertheiligen Gestaltung. In der letzteren werden durch das nachträgliche Wachsthum die Seitenzweiglein (man vergl. Fig. 228) übereinandergereiht, in der handförmigen Gestalt bleiben die Interfolien gestaucht. Der Anlage nach sind beide Formen im Knospenzustand identisch. Das Blatt verzweigt sich mit mehreren Ordnungen. Es wird einfach, doppelt, dreifach u. s. f. gefiedert, gefingert, gelappt, im gleichen Sinne doppelt gezähnt, doppelt gekerbt. Verbreitert sich die Blattfläche über die Einfügung in den Blattstiel, so wird das Blatt schildförmig.

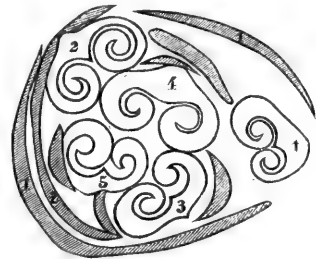


FIG. 233. *Populus angulata*, Querschnitt der Blattknospe im Winter. Die Laubblätter sind von der Mediane beiderseits eingerollt. Die zugehörigen Nebenblätter sind schraffirt.

Wird zur Zeit, wo die Differenzirung zwischen Lamina und Blattstiel (Petiolus) eintritt, die Richtung der Verbreitung im Winkel zum Blattstiel eingeleitet, so entsteht die Kappenform des Blattes (Sporn bei Aconitum, Delphinium). Es beruht dieß in einer Steigerung der Wachstumsrichtung.

In der weitaus großen Mehrzahl der Pflanzen ist das Laubblatt nach beiden Seiten von der Blatthauptrippe gleich stark entwickelt. Einseitige Förderung führt bei den Ulmen und Celtis, bei Begonia zu asymmetrischen Blattflächen. Bei Ulmus stehen die Blätter nach $\frac{1}{2}$, stets ist die Innenseite die geförderte.

Die einseitige Förderung der Stipulargebilde wurde von Hofmeister zuerst beachtet, sie kommt an geneigten Zweigen vor, so namentlich bei Ulmus, Celtis, Begonia.

4. Knospenlage.

Die Lage der Axillarsprosse ist selbstredend abhängig von der Blattstellung. Wir unterscheiden mit Berücksichtigung der Evolution diese Typen:

Erster Typus. Die Entwicklungsfolge ist streng cyclisch. Der Axillarsproß des Blattes kommt in den seltensten Fällen zur Evolution (Abietineen, Juniperineen, Taxineen).

Zweiter Typus. Die Entwicklungsfolge ist streng cyclisch nach $\frac{1}{2}$. Der Axillarsproß kommt stetig zur Evolution:

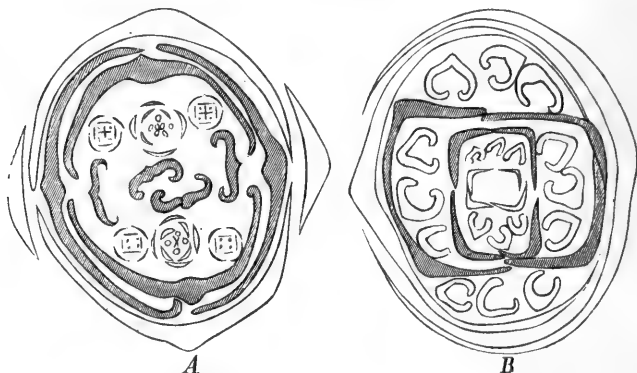


FIG. 234. *Staphylea trifoliata*. A Querschnitt einer Knospe, welche in dem tieferen Theil cymöse Blütenstände trägt. Das System beginnt außen von einem Blattwirtel, dessen Mediane von rechts nach links gerichtet ist. Hierauf folgt ein zweiter Wirtel, welcher zu dem ersten gekreuzt steht. Es folgen noch zwei in der Figur schraffierte Wirtel-querschnitte, zu den Blättern des inneren gehören die je drei Blüten. Hierauf folgen zwei Laubblattwirtel, welche in ihrer natürlichen verschränkten Knospenlage dargestellt sind. B vegetative Blattknospe. Sie beginnt mit zwei Nebenblättern, welche fast die Knospe umfassen, hierauf folgen die Wirtel der Laubblätter. Jedes Blatt hat die drei Blättchen bereits differenziert. Die Nebenblätter der inneren Blätter sind schraffirt dargestellt.

a) die Endknospe bleibt, Frost und zufällige Erschöpfung abgerechnet, dominierend (*Fagus*, *Carpinus*; bei *Carpinus* und *Morus* häufiges Eingehen des terminalen Zweigstückes);

b) die Endknospe wird alljährlich in dem kritischsten Moment (Mitte bis Ende Mai) von einer der Seitenknospen abgelöst (*Tilia*, *Ulmus*).

Dritter Typus. Entwicklungsfolge geht nach $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ u. s. w. Der Axillarsproß kommt stetig zur Entfaltung [*Alnus* ($\frac{1}{3}$); *Quercus* ($\frac{2}{5}$); *Castanea* ($\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{5}$); *Betula* ($\frac{3}{8}$ und $\frac{5}{13}$); *Salix* ($\frac{3}{8}$ und $\frac{5}{13}$); *Populus* ($\frac{3}{8}$ und $\frac{5}{13}$); *Pomaceen* ($\frac{2}{5}$ und $\frac{5}{13}$)].

Vierter Typus. Entwicklungsfolge streng decussirt mit 2- bis 3-gliedrigen Wirteln. *Acer*, *Fraxinus*, *Aesculus*.

Die Knospenlagen der entwickelten Blätter bei unseren Waldbäumen sind die folgenden:

1° die Blätter sind eben, nicht gerollt und nicht gefaltet:

a) in der Richtung der herrschenden Parastichen abgeplattet, *Picea* und *Abies*, Fig. 197;

b) die Gestalt des Querschnittes eines Blattes ist durch die Anzahl der in einem Kurztrieb vereinigten Blätter bedingt, Pinus, Fig. 197 I;

2^o die Blätter sind eben, nicht gerollt und nicht gefaltet um den Vegetationskegel gewickelt, Salix;

3^o die Blätter beherrschen mit ihrer Bauchseite den Knospenkegel und sind links und rechts von der Mediane gefaltet, Alnus, Betula und Fagus, Fig. 238;

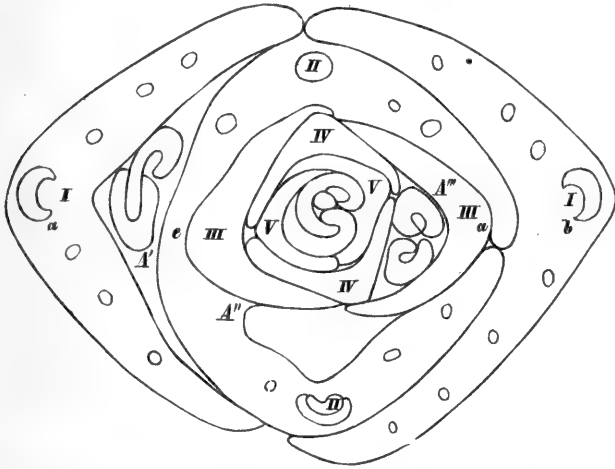


FIG. 235. *Dianthus plumarius*. Querschnitt der Knospe mit einseitiger Förderung der Axillarsprosse. Im Wirtel II hat Ia den Sproß gefördert, Ib nicht, ebenso in II, in III u. f. f. Die geförderten Sprosse stehen in einer von links nach rechts laufenden Schraube mit der Divergenz $\frac{1}{4}$. II bei e sind die Laubblätter verwachsen.

4^o die Blätter sind in der Mediane gefaltet:

a) nach der Divergenz $\frac{1}{2}$:

α) die Vertheilung der Stipulae ist eine symmetrische, so daß je eine Stipula die ihr zugekehrte Blatthälfte deckt oder berührt, Castanea, Corylus, Ulmus (f. HOFMEISTER, Allgem. Morphologie, S. 523);

β) die Stipulae sind asymmetrisch vertheilt, so daß eine der Rücken-seite des Blattes anliegt, die andere den jeweilig inneren Knospenkegel einhüllt, Tilia;

b) nach der Divergenz $\frac{2}{5}$ u. $\frac{3}{8}$, Quercus;

5^o die Blätter sind einwärts gerollt, Populus, Fig. 233;

6^o die Blätter sind auswärts gerollt, Platanus.

Die decussirte Knospe von *Dianthus*, Fig. 235, zeigt einen eigenthümlichen Zug in Hinsicht der Förderung der Axillarsprosse. Diese sind in unserem Diagramm nur in je einem Blatte des zweigliedrigen Wirtels deutlich entfaltet, während sie in dem gegenständigen zurückgeblieben sind. Es folgen sich demgemäß die Knospen A' A'' A''' nach der Divergenz $\frac{1}{4}$.

Die Blätter der Laub- und Blüthenknospen der *Staphylea trifoliata*,

die wir hier gewählt haben, ordnen sich in dem engen Raume durchaus regelmäßig, so daß jeder Ort zum vorteilhaftesten ausgenutzt erscheint, Fig 234.

In allen dichtgedrängten Knospen der einjährigen Pflanzen (Fig. 236, *Elsholzia* z. B.), entstehen die ersten Blattgebilde in der Axillarknospe nach links und rechts von der Mediane des tragenden Blattes, als den Orten, wo der Raum zunächst am raschesten disponibel wird.



FIG. 236. *Elsholzia*. Querschnitt der Laubknospe mit sechs Blättern. *v* der Vegetationshügel des Haupt sprosses, *a* derjenige der Axillarsprosse, die ersten Blättchen der Axillarsprosse sind schraffirt dargestellt. In jedem der Laubblätter 1—6 sind die Gefäßbündel als Punkte dargestellt.

Die Differenzirung des Blattstieles geschieht zuletzt, auch die Streckung desselben vollzieht sich erst bei der definitiven Entfaltung aus der Knospe. In der Knospenanlage unterscheiden die Morphologen diese Anordnungen:

In der Präfoliatio plicativa ist das Blatt gefaltet wie an einer Faltenkrause. Bei vielen Monocotylen, Gräsern, Liliaceen und Irideen bleibt die Kielkante der Faltung noch im ausgewachsenen Zustande kenntlich.

Die Präfoliatio induplicativa zeigt das Blatt in mehrere Kraufen gefaltet. Zahlreiche Laubbäume, *Quercus*, *Fagus*, *Corylus*, *Alnus* u. f. f.

Bei der Präfoliatio imbricativa decken sich die Blätter mit den Rändern.

Mit Bezug auf die Rollung der Blattfläche ist zu unterscheiden die involutive Knospenlage. Das Blatt ist nach der Oberseite eingerollt. Die revolute zeigt das umgekehrte Verhältniß, die Rollung geht nach der Rückenseite.

Stengelumfassende Blattbasen, wie sie vorzugsweise den Palmen, Gräsern, Cyperaceen, Irideen zukommen, bewirken eine Verbreiterung des Knospenkegels. Scheidenartige Wucherungen der Nebenblätter kommen bei den Polygoneen, Umbelliferen, Gramineen vor und sind in der Systematik eingehender zu besprechen.



FIG. 237. *Acacia Melanoxylo*. Flächenförmig verbreiteter Blattstiel mit zwei Fiederblättchen.

5. Das Abfallen der Laubblätter

wird für die große Mehrzahl der in der gemäßigten Zone wachsenden perennirenden Pflanzen (Bäume, Sträucher) lange vor dem Bruche des Blattstiels vorbereitet durch eine im Innern der Gewebe entstehende Korkplatte oder eine Gewebeart mit tafelförmigen Zellen, welche den Blattstiel quer durchsetzt (f. Fig. 376, S. 378, Bd. I). Die Bauchfläche liegt in der

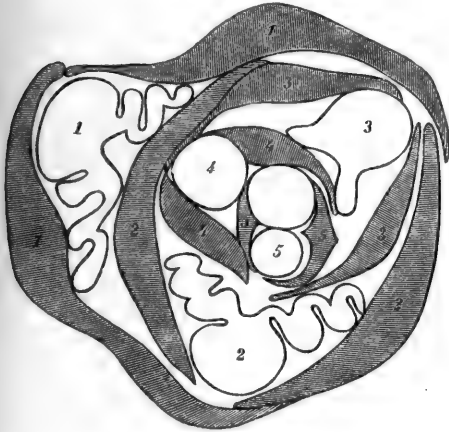


FIG. 238. *Alnus glutinosa*. Querschnitt der Knospe im Winter. 1 2 3 4 5 in den weiß gelassenen Figuren die Laubblätter. Zu jedem Blatt gehören zwei Stipulae, deren Querschnitte schraffirt und mit denselben Zahlen belegt sind, welche den Laubblättern gegeben wurden.

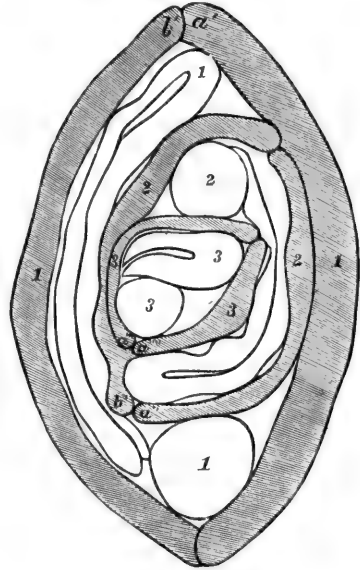


FIG. 239. *Liriodendron tulipifera*. Querschnitt der Laubknospe im Winter. Drei Laubblätter sind in ihrer Knospenlage in den weißen Flächen verzeichnet, die zugehörigen Nebenblätter sind schraffirt. Zu einem Laubblatt gehört der kreisförmige Querschnitt des Blattstiels 1 z. B. und die einfach gefaltete Lamina 2, deren Mediane gegenüber liegt.

Cylinderfläche des Stammes, oder es bleibt ein kurzer Stumpf der Blattbasis stehen (*Cydonia* und andere Pomaceen, *Rubus idæus*). Anthericum zeigt eine vorgeschriebene Bruchstelle am Blütenstiele. Zahlreiche Corollen brechen glatt ab, vornehmlich die Sympetales, die hohle Axe (der sogenannte Kelch) der Amygdaleen u. a. m.

6. Winterzustand der Laubknospen und Zweige¹⁾.

Die in den kälteren Climates einheimischen Bäume und Sträucher schützen die überwinternde Knospe durch schuppenartige Niederblätter. Dieses Schutzmittel ist indeß nicht gleichartig über alle Einwohner vertheilt. Vollständig nackte Knospen finden sich noch in den höchsten Verwandtschaftskreisen. *Viburnum Lantana*, *Rhamnus frangula*.

Die Knospe ist eingehüllt in eine kleine Kappe von Kork bei *Phila-*

¹⁾ WILLKOMM, Deutschlands Laubbäume im Winterzustand.

delphus. Die Anzahl der Niederblätter ist bei den Weiden zwei. Diese verwachsen zur einschaligen Hülle. Bei den Ahornen werden vier Niederblätter, bei den *Fraxinus* zahlreiche Wirtel angelegt.

Die empfindlicheren Laubblätter sind bei vielen Bäumen geschützt durch die Nebenblätter.

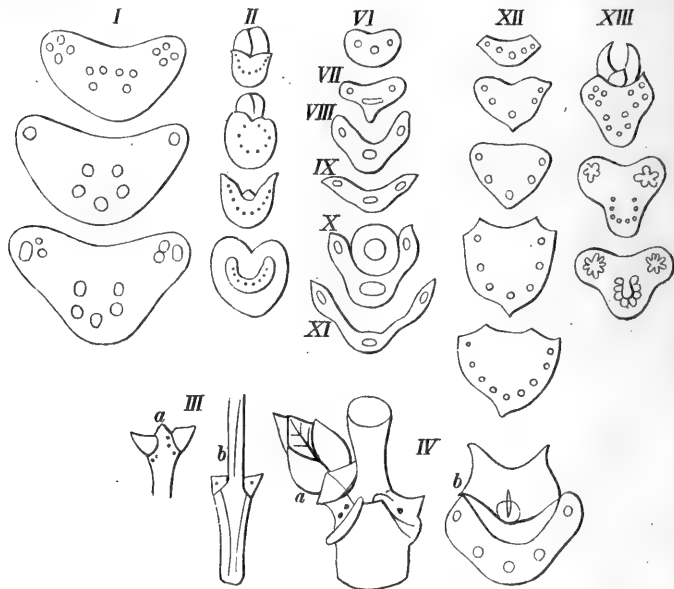


FIG. 240. Blattnarben der Laubbäume (z. Th. nach WILLKOMM). I Eiche, in der Mediane ein Kreis von Gefäßbündeln, in den Seitenkanten der Narbe ein oder mehrere folcher. II Eiche, ein Halbkreis von Gefäßbündeln in verschiedenem Zustande der gegenseitigen Verschmelzung. III Philadelphus, zwei Winterendknospen entsprechen den obersten Blattachselknospen, da der Haupttrieb *a* im vergangenen Sommer durch Blütenbildung einging. Die Knospe entbehrt der Hüllschuppen, sie war in der Blattbasis eingeschlossen, jetzt ist sie von einem Hautgewebe (oder Kork?) bedeckt. IV Sambucus, *a* Axillarsproß, *b* Blattnarbe mit einem medianen und zwei seitlichen Gefäßbündeln. VI Blattnarbe von Rhamnus frangula, drei Gefäßbündel. VII Berberis, ebenso. VIII Salix Caprea. IX *S. aurita*. X *S. fragilis*. In dieser Reihe entsprechen die beiden seitlichen Gefäßbündel den Nebenblättchen, das mediane dem Hauptblatstiel. XI *Rosa canina*, wie vorher. XII Reihe von verschiedenen Blattnarben von *Aesculus hippocastanum*, die Gefäßbündel stehen zu fünf, ein medianes, je zwei seitliche; zu sieben, ein medianes, je drei seitliche; zu neun, ein medianes, je vier seitliche. XIII *Juglans regia*, drei im Kreis geordnete Gruppen von Gefäßbündeln.

Die Narbenfläche des Blattes besitzt außer der mehr oder weniger formbeständigen Gestalt eine charakteristische Structur durch die Querschnitte der Gefäßbündel. Die Zahl dieser Gruppen ist eins bei *Daphne*, *Hippophaë*, *Spiraea salicifolia*.

Die Gefäßspuren sind in der Anzahl von drei, *Salix*, *Populus* u. a. m., von fünf, *Alnus*, von sieben, *Aesculus*.

Die Gefäßspuren stehen in 2—3 Kreisen mit einem cambialen Ring, *Quercus*, *Juglans*.

7. Verwachsungen.

Bei den in der Knospenlage vielfach zusammengefalteten Blättern der Blütenpflanzen kommt es während der Entwicklung zu eigenthümlichen

Verwachsungen, wie sie die Fig. 242 nach TREVIRANUS darstellt. Die Falte, welche sonst bei der normalen Entfaltung ausgeglättet wird, bleibt erhalten, und es bilden sich ihre Ränder zu eigenthümlichen Wucherungen um, so bei *Aristolochia* und der *Nicotiana tabacum* als gelegentlich vorkommende Monstrositäten.

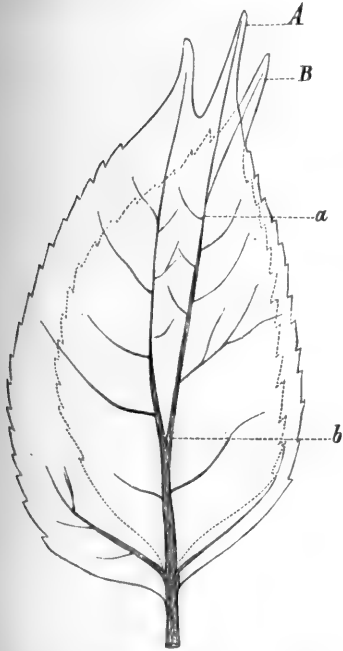


FIG. 241. *Helianthus tuberosus*. Monströse Verwachsung dreier Blätter, von der Blattbasis bis *b* sind die Hauptrippen mit einander verwachsen, von jetzt ab gabelt sich die Rippe nach zwei Blattspitzen, das dritte durch punktirte Linien angedeutete Blatt liegt hinter der Ebene der Figur.

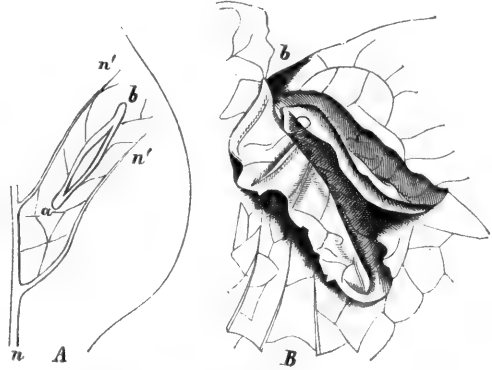


FIG. 242. Blattfalten im Tabaksblatt, welche sich in der Entwicklung nicht ausgeglichen haben, im ausgewachsenen als Kraufen erhalten blieben.

8. Form durch die Lage beeinflusst.

In der Blüthe der Geraniaceen und Rosaceen herrscht die $\frac{2}{5}$ -Stellung für die Kelchblätter. Die Blätter 1 und 2 sind, wie man sagt, deckend, 3 dagegen ist halbbedeckt, 4 und 5 sind ganz bedeckt. In der Form stellt sich hier ein mit der Lage ganz genau übereinstimmender Unterschied heraus. 1 und 2 sind nämlich beiderseits mit breiten Hautflügeln versehen, 3 ist nach der freieren Seite, nach 5 zu nur einseitig beflügelt. 4 und 5 entbehren der Flügel vollständig, Fig. 243.

Ganz ähnlich, aber viel eleganter ist der Kelch der Rosen beschaffen. Die Stellung nach $\frac{2}{5}$ gibt den Blättern 1 und 2 beiderseits Fiederblättchen, 3 ist nach der einen Seite allein, 4 und 5 sind gar nicht gefiedert.

Die Ungleichheit in der Förderung, welche namentlich in der nach einer photographischen Pause hergestellten Fig. 245 so deutlich in die Augen springt, wäre nicht als Folge der gegenseitigen Deckung verständlich, wenn nicht der Trieb, welcher zur Blüthe umgebildet wird, sich bereits gestreckt

1) TREVIRANUS, Bemerkungen über monströse Entwicklung der Blätter von *Aristolochia macrophylla*.

hätte, so daß er von den tiefer liegenden Laubblättern nicht mehr beeinflußt wird.

In dem frühen Entwicklungszustand, also zur Zeit der Anlegung, waren die fünf Blättchen des Kelches, abgesehen von dem in dem ungleichen Alter begründeten Größenunterschied, gestaltlich gleichwerthig. Mit dem Heranwachsen der Rosenknospe erlangen die zwei äußeren, welche, wie

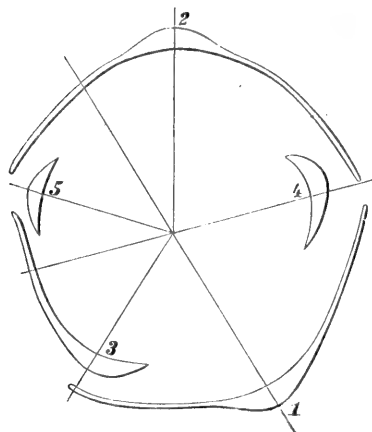


FIG. 243. *Geranium pratense*. Diagramm des Kelches. Die Blätter desselben stehen nach $\frac{2}{5}$; in den Radien, bei welchen die Zahlen stehen, liegen die Medianen der Blätter; die beiden äußeren, 1 2, welche vollständig frei sind, haben nach links und rechts von der Medianen Flügel gebildet, das Blatt 3, welches nach einer Seite von 1 gedeckt wird, hat den Flügel nur nach der freien, nicht bedeckten Seite entwickelt; 4 und 5, welche nach beiden Seiten gedeckt sind, haben keine Flügel.

bekannt, seitlich nicht bedeckt sind, den größern Spielraum gegenüber dem halbbedeckten (3) und den beiden vollständig gedeckten (4 und 5) innern Blättchen (vergl. Fig. 243 und 244 mit 245). In der letztgenannten Figur ist die Deckung für die $\frac{2}{5}$ -Stellung ein Diagramm, auch für die Rose gültig.

9. Anatomie des Laubblattes.

Nach den früheren Auseinandersetzungen (S. 271 und S. 309 ff., Bd. I d. Handbuchs) treten von dem Gefäßbündelsystem des Stammes mehrere Stränge (in seltenen Fällen ein Strang) in den Blattstiel und verzweigen sich in der Blattfläche. Dieses Maschen-system bildet die Nervatur des Blattes.

Die Hauptzüge in der Vertheilung sind diese:

1° die Nerven treten in der großen Mehrzahl der Fälle auf der morphotischen Unterseite stärker hervor als auf der Oberseite. Bei den Coniferen sind die Nerven ganz und allseitig gleichmäßig von dem Blattgewebe eingeschlossen;

2° die Epidermis der Oberseite ist in der Mehrzahl der Fälle ärmer an Spaltöffnungen als die Unterseite. Bei zahlreichen Monocotylen finden sich Stomata parallel dem Hauptnerv auch auf der Oberseite;

3° auch für die Behaarung gilt daselbe. Die Unterseite ist reicher behaart als die Oberseite;

4° die chlorophyllführenden Zellen aber liegen bei dem typischen Laubblatt der beleuchteten Oberseite näher als der Unterseite. Dadurch wird das Laubblatt auch im anatomischen Sinne vom Stamme verschieden.

Die Nerven bilden sich in dem Maaße, wie das Blatt sich von der Ausdehnung von wenigen Millimetern auf die definitive Größe von mehreren Centimetern streckt, allmähig weiter. Sie verzweigen sich in sympodia-

ler Weife. Dieß ist wohl der feltner Modus, Fig. 246 bei *Ceratopteris thalictroides*. Hier entsteht im jugendlichen Zustand, I der Figur, zuerst ein medianer Nerv, welcher sich gabelt, II. Von nun ab entspringen die nächsten Nerven als Seitenzweige auf der Innenseite der Gabeläste durch mehrere Ordnungen, endlich schließen die Nervenzweiglein der 4.—5. Ordnung maschenartig zusammen. Die weitaus häufigere Modalität ist die dem



FIG. 244. Kelch der Centifolie nach $\frac{2}{3}$ Divergenz. 1 2 beiderseits, 3 nur auf einer Seite, 4 5 gar nicht gefiedert (nach einem Photogramm). Vergl. Fig. 243.

Blattwuchse entsprechende akropetale Folge der Nerven (vergl. Fig. 227). In dem Maße wie das Blatt sich in die einzelnen Glieder von der Basis nach der Spitze differenziert, schreitet auch die Nervenbildung vor. Und es ist wenigstens für einige Zeit, nämlich bis die höheren Nervenzweige sich bilden, möglich, die auf einander folgenden Ordnungen abzuzählen, bis endlich durch die Maschenbildung die Anordnung bei der 6.—8. Ordnung verwischt wird (vergl. Fig. 247 mit 227):

a) die niederen Ordnungen der Nervenauszeichnung sind überhaupt nicht verzweigt (Coniferen). Die Juniperineen, Taxineen, Abietinen: *Pinus*, *Larix*, *Cedrus*, *Picea*, *Abies* besitzen überhaupt nur eine mediane, in die Strangfcheide eingeschlossene Mittelrippe. Diese kann aus zwei Stammfipuren im gegebenen Falle sich zusammensetzen;

b) die niederen Ordnungen verschmelzen nicht oder wenig, ist zu fagen felten, fie laufen parallel. Viele Monocotylen, Gramineen, Cyperaceen u. a. m.;



FIG. 245. Kelch der Moosrose nach $\frac{2}{5}$. die Blätter 1 und 2 sind beiderseits mit reichlich gefiederten Auswüchsen, an welchen Secretionsbehälter sitzen, verfehen; 3 und 4 sind allmählig schwächer, 5 gar nicht gefiedert.

c) die niederen Ordnungen der Nervenzweige werden durch spitzwinklige Querverbindungen in ein Maschenwerk vereinigt: Farrenkräuter;

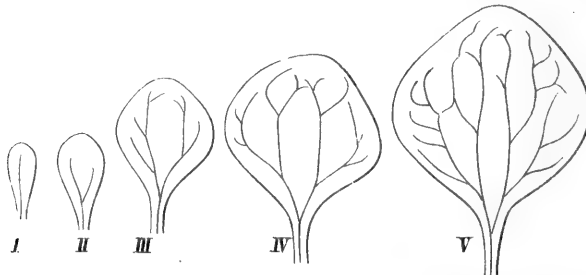


FIG. 246. *Ceratopteris thalictroides* (nach Kny). Zur Entwicklung der Blattnervatur. Von I nach V eine Entwicklungsreihe. In I ist der Nerv ungetheilt, in II ist er gabelig getheilt, er gibt in III von jedem Gabelast einen Zweig nach der Mediane zu ab, in IV die weitere Verzweigung, in V nahe am ausgewachsenen Zustande des Blattes sind die Zweige bereits maschenartig verbunden.

d) die niederen Ordnungen stehen in akropetaler Folge reihenweise alternirend oder gegenständig, Fig. 247;

e) die niederen Ordnungen schließen gegenseitig bogenlinig an, *III* Fig. 247 (vergl. die Figurenerklärung);



FIG. 247. Nervatur verschiedener Blätter nach fotogr. Pausen. *I* Liriodendron. *II* Carica, Theil des Blattes. *III* Maclura. *IV* Berberis Mahonia, Blatt, alle nach Photogrammen. In *I* geht der Nerv der zweiten Ordnung genau in die Spitzen der Blattpflanzen, die Nerven der dritten, z. Th. aber auch die Nerven der zweiten, setzen sich bogenlinig an die der vorhergehenden Ordnung an. In *II* verlaufen die Nerven der zweiten Ordnung nach den Zahnintervallen. *III* bei Maclura verlaufen die Nerven erster Ordnung im Bogen, ohne direct in die Zähne einzumünden und sind durch zahlreiche Nerven höherer Ordnung in ein Maschennetz verbunden. *IV* zeigt den bogenlinigen Anschluß der zweiten Ordnung, aus dem Scheitel der Bogen tritt ein Nervenzweig in den Zahn des Blattes.

f) die höheren Ordnungen schließen im Allgemeinen maschenförmig so zusammen, daß die einzelnen Ordnungen nicht mehr abgezählt werden können. Nur die letzten Auszweigungen (vergl. Fig. 248) münden blind in dem Mesophyll des Blattes als Bündel von Tracheiden, welche zuletzt nur aus wenigen, meist durchbrochenen und für tropfbares Wasser wegfasen Zellen bestehen (vergl. Fig. 427, S. 463, Bd. I d. Handbuchs).

10. Farbe und Glanz

hängen ab von der Glätte der Cuticula, von der Anzahl der Spaltöffnungen und Intercellularräume und der Behaarung. Die silberglänzende Unterseite rührt bei mangelnder Behaarung von der Reflexion des Lichtes an

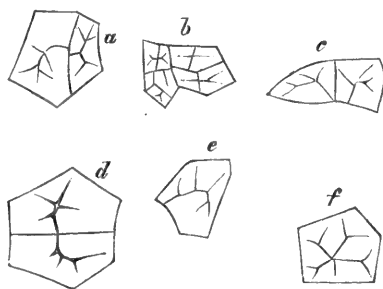


FIG. 248. Letzte Maschenverzweigungen aus dem Laubblatt verschiedener Bäume. *a* Maclura tricuspidata, dichotomische und dendritische Auszweigung. *b* Acer platanoide, von der letzten Maschenwand gehen dichotome blindendigende Zweiglein. *c* Kerria japonica, sympodiale Zweiglein mit blinder Endigung. *d* Maclura aurantiaca, wie vorher. *e* Azalea viscosa. *f* Lyonia, dichotomische Zweiglein blind endigend.

luftführenden Gängen her. Die Oberseite ist intensiver grün als die Unterseite, weil die Chlorophyllschicht zumeist nur von einer einzigen Zellenlage der Epidermis bedeckt ist. Stets erscheinen bei durchfallendem Lichte die chlorophyllführenden Parthien dunkler gegenüber den chlorophylllosen

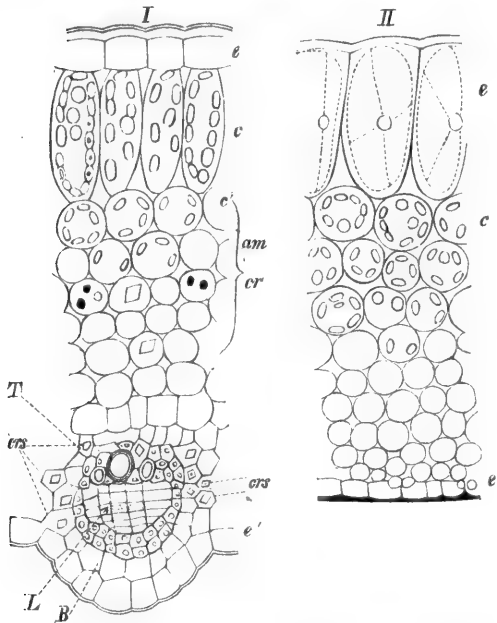


FIG. 249. I halbschematischer Querschnitt eines Dicotylenblattes an dem Orte, wo eine letzte Nervenendigung *L B* durchschnitten wurde, *e* Epidermis der Oberseite, *e'* diejenige der Unterseite, *c* das chlorophyllreiche sog. Pallisadenparenchym, *am cr* das Parenchym, welches reich an Interzellularen, weniger Chlorophyll, aber Amylum und Krytalle führt, *crs* krytalführende Zellen, welche in Ketten geordnet sind, die parallel dem Gefäßbündel verlaufen, *T* Tracheen, *L* Leitgewebe, *B* Bafttheil des Gefäßbündels. II Querschnitt des Blattes von *Cypripedium elegans*, *e* die pallisadenförmig gefaltete chlorophylllose Epidermis der Oberseite, *c* das Chlorophyllparenchym, *e'* die Epidermis der Unterseite.

halt an Chlorophyllkörpern. In der Regel sind die Zellen der Oberseite reicher, Fig. 249 *c*;

3° das Gewebe der Nervatur, in welchem die Elemente des Baftes, Holzes, der Cambiform, Leitzellen und Milchröhren vorkommen und auffällige, parallel dem Nerven geordnete Krytallzellen (Krytallschläuche).

Der Bafttheil des Gefäßbündels erscheint bei der großen Mehrzahl der Dicotylenblätter nach der Unterseite, der Holz-(Xylem-)theil nach der Oberseite orientirt. Anders liegt dieß bei den Monocotylen, wo die Baftzellen eine selbständige, von dem Xylemtheil unabhängige Lage besitzen (vergl. Bd. I d. Handbuchs, S. 318 ff.).

Nerven. Hierauf beruht es, daß mit Leichtigkeit eine photographische Pause des Umrisses und der Nervatur der Laubblätter erhalten werden kann, wenn dieselben, auf Chlorfilberpapier gelegt, dem Sonnenlicht exponirt werden. Bei durchfallendem Lichte erscheinen die Secretionsbehälter im Mesophyll bei den Hypericinen, Rutaceen als lichte Punkte (vergl. weiter unten: Drüsen).

11. Gewebeschichten.

Es sind drei nicht immer charakteristische Gewebe zu unterscheiden:

1° Epidermis der Ober- und Unterseite;

2° Mesophyll, welches aus Chlorophyllpallisadenparenchym besteht, der Oberseite und das lockere isodiametrische Gewebe der Unterseite. Diese unterscheiden sich in dem Ge-

12. Drüsen.

Bei durchfallendem Lichte erscheinen die Blätter der Hypericineen, Rutaceen, Diosmeen u. a. m. wie durchlöchert. An bestimmten Orten entstehen im Innern des Mesophylls sphärische Secretionsbehälter, deren Secret ein Tropfen stark lichtbrechender Harze oder Essenzen ist.

An dem Orte, wo eine solche Drüse befindlich, theilt sich die Epidermis durch tangentielle Wände so, daß die Tochterzellen, welche nach innen abgeschieden werden, an der Drüsenbildung sich theiligen, Fig. 250; auch die Zellen des Blattgewebes theilen sich. In den Zellen der Drüse häuft sich das Secret. Die Zellen werden zum Theil reforbirt, der Gefammtraum der Drüse wird mit dem Secret erfüllt. Die kalkfecernirenden Drüsen der Saxyfrageen gehören ebenfalls hieher (vergl. Bd. I, S. 411).

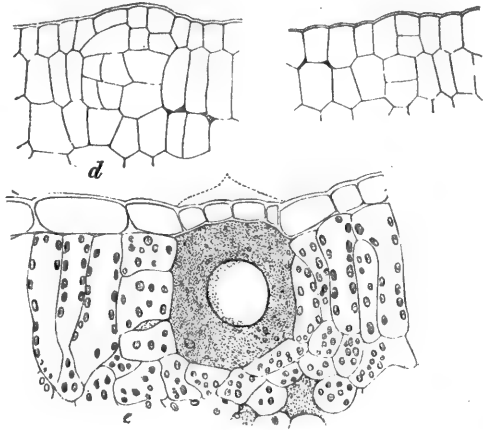


FIG. 250. Die Drüsen im Innern des Blattes von *Dictamnus fraxinella*, Querschnitte jüngerer und älterer Blättchen. Nahe der Oberfläche theilt sich die Epidermis über der Drüsenanlage, welche ursprünglich aus einer oder wenigen Zellen besteht. In diesen geht ebenfalls eine periphere Theilung vor sich. In den Zellen sammelt sich die Essenz. Die Zellen der Drüse werden reforbirt. (Nach RAUTER, Trichomgebilde, Wien, Staatsdruckerei 1871.)

13. Metamorphose des Blattes¹⁾.

Die Blattanlage trägt in sich die Keime zu einer Reihe von metamorphen Gebilden, welche für die gegebene Art mehr oder weniger gesetzmäßig, oft als ein ganz gesetzmäßiger Charakter- oder Habituszug zur Auslösung gelangen, so daß die Gebilde: Ranke, Dorn, Schwimmblase u. f. f. gesetzmäßig an bestimmten Orten des Blattes entstehen. Es sind hier aber auch die Functionen der Blätter an einer und derselben Pflanze als form-

¹⁾ GÖTTE, sämmtliche Werke in 40 Bänden. Cotta 1840. Bd. XXXVI. S. 17 ff. S. 162 ff. — A. BRAUN, Betrachtungen über die Verjüngung in der Natur. — COSSMANN, GÖTTE, ein Mitbegründer der Descendenzlehre. Heidelberger Jahrb. d. naturhist. Vereins. 1876. — L. C. TREVIRANUS, Hat *Pinguicula vulgaris* L. zwei Cotyledonen? Ueber die Schläuche der *Utricularia*. Bot. Ztg. 48. — GÖPPERT, Ueber metamorphosirte Mohnköpfe. Bot. Ztg. 50. — TH. HARTIG, Ueber die Bildung der Knospendeckblätter von *Salix* und *Magnolia* durch Spaltungsflächen. Bot. Ztg. 55. — REINSCH, Ueber den Bau und die Entwicklung der Blätter und Schläuche von *Utricularia vulgaris*, L. — ANDREY BEKETOFF, Ueber die morphologischen Verhältnisse der Blatttheile zu einander und zum Stengel.

bedingend in's Auge zu fassen. Die Gestalt und die Gliederung paßten sich an jeder Pflanze den Bedingungen der Existenz an, wie solche gerade zur Zeit der Entwicklung oder Thätigkeit solcher Organe äußerlich herrschend waren, Fig. 253.

In diesem Sinne hat sich das Blatt als Keim-, Nieder-, Laub-, Hochblatt und endlich in der Blüthe zu dem feinsten organischen Proceß der Begattung angepaßt.

a) Offensivwaffen.

Entstehen aus den Blattfiedern der Smilaceen, Papilionaceen u. a. m. Es werden bei *Smilax aspera* von drei Blättchen in dem zusammengesetzten Blatt zwei, *a a'*, Fig. 252, zu Ranken umgebildet.



FIG. 251. *Smilax medica*, Blattabdruck. Zwei Seitenblättchen sind in Ranken umgewandelt *r r'*. Das Gesamtblatt functionirt in seinem oberen Theil als Nahrapparat, in dem unteren als Offensivwaffe.

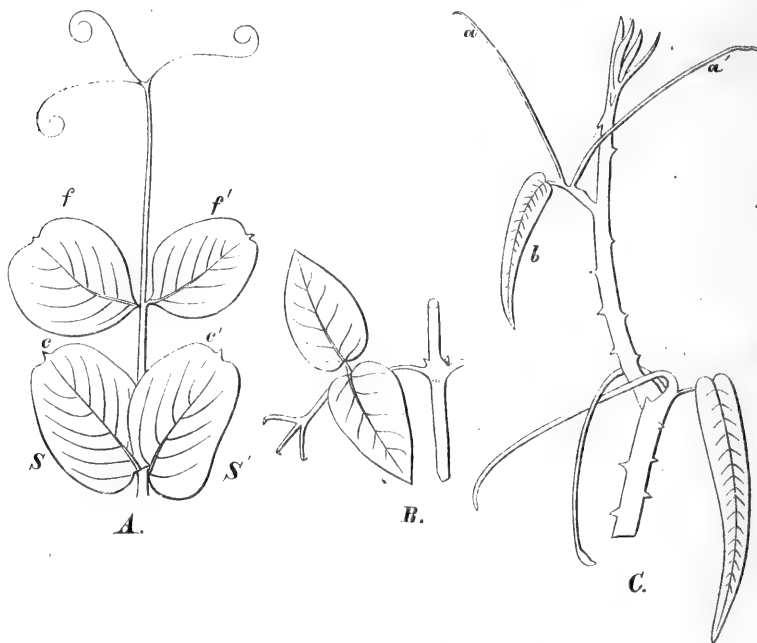


FIG. 252. *A* *Pisum sativum*, das Laubblatt, an dem unteren Theil zwei normale Fieder, *c c'* die Nebenblätter, *ff'* die Laubfieder, das Endblatt und die oberen Fieder sind in Blattranken umgebildet. *B* *Bignonia* (spec. Kewgarden nach DARWIN), das gefiederte Blatt hat die unteren Fieder blattartig, die oberen zu Ranken umgebildet. *C* *Smilax aspera*, *b* das Endblatt flächenartig, die Seitenfieder dagegen in Ranken umgebildet (nach DARWIN).

Bei *Pisum*, Fig. 252 *A*, besitzt das Blatt zwei laubblattartige Stipulae, ein Paar Fiederblättchen, welche blattartig ausgebildet sind, eine aus dem umgewandelten Ende und zwei Seitenblättchen hervorgegangene Ranke.

Ganz ähnlich verhält sich eine *Bignonia*, Fig. 252 *B*. Hier sehen wir also an einem Organ, wie es zu zwei Arbeitsleistungen benutzt wird:



FIG. 253. *A* junges Blatt von *Clematis viticella* (DARWIN, S. 42). *B* *Clematis glandulosa*, mit zwei jungen zwei Zweige umfassenden Blättern, die umfassenden Stellen sind verdickt (DARWIN, S. 17). *C* *Corydalis claviculata*, Blatt-ranken, natürliche Größe.

ein Theil des Blattes wird zum assimilatorischen Apparat $f f'$, Fig. 252 *A*, ein zweiter Theil zu reizbaren und schlingenden Offensivwaffen umgebildet, deren Leistung im mechanischen Sinne mindestens ebenso verwickelt ist, wie diejenige der Blattfläche im chemischen Sinne. Bei einigen *Lathyrus*-arten (*aphaca* z. B.) werden alle Blattfieder zu Ranken umgebildet, das Seitenblatt tritt allein für die Aufgabe der Assimilation ein.

Noch merkwürdiger als in diesen Ranken tritt die Arbeitstheilung zwischen zwei Theilen desselben Organes auf bei *Clematis glandulosa*, Fig. 253. Dort ist der Blattstiel befähigt, feste Stützen, wie den Stamm, zu umschlingen, während die Blattfläche sich zu dem Lichte orientiert.

In gleichem Sinne verhält sich *Solanum jasminoides*, Fig. 254. Hier erfährt der in diesem Sinne thätige Blattstiel eine Umwandlung in der

anatomischen Structur, welche als directe Folge seines Verhaltens der Stütze gegenüber angesehen werden muß. Das nicht schlingende normale Blatt besitzt drei mediane und zwei seitliche Gefäßbündel, Fig. 254 B. Das schlingende Blatt bildet die drei seitlichen zu einem Kranz von Bündeln um, so daß ein Structurverhältniß entsteht, welches fast identisch ist mit der Anatomie des Stammes, Fig. 254 C.

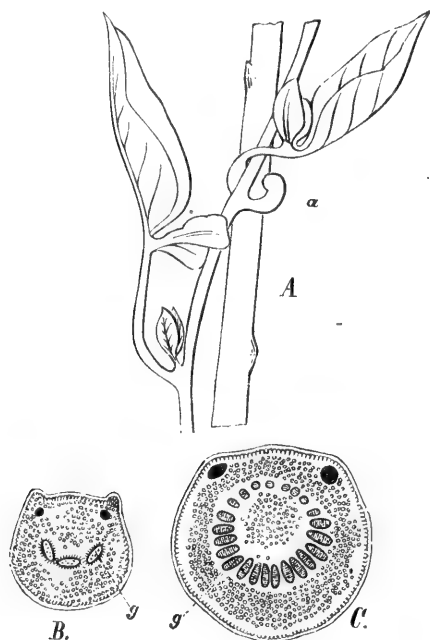


FIG. 254. *Solanum jasminoides* (nach DARWIN). A das eine Blatt hat eine Stütze mit seinem Blattstiel umklammert, der Stiel entspringt an der rechten Seite des Stengels, geht vorn um die Stütze, biegt hinter der Stütze nach links und geht in die wieder nach rechts liegende Lamina über. B Querschnitt durch einen nicht windenden Blattstiel, derselbe enthält drei mediane Gefäßbündel *g* und zwei seitliche, welche in der Nähe der beiden Kanten liegen. C Querschnitt des Blattstiels, welcher vor der endlichen Ausbildung die Stütze *A* umschlungen hatte. Der Querschnitt zeigt jetzt statt der drei medianen Gefäßbündel eine größere Anzahl, welche in einen Kreis geordnet erscheinen, ähnlich wie im Stamm.

Bei den Cacteen verschwindet die Blattregion vollständig und wird ersetzt durch Haare. Viele Blätter bewaffnen sich mit Stacheln, welche aus den Blattsähen gebildet werden.

c) Schwimmblätter.

Auffällige Unterschiede in der Entwicklung der Blattflächen amphibischer Pflanzen wurden von ASKENASY beobachtet. Die Landpflanze, *A*,

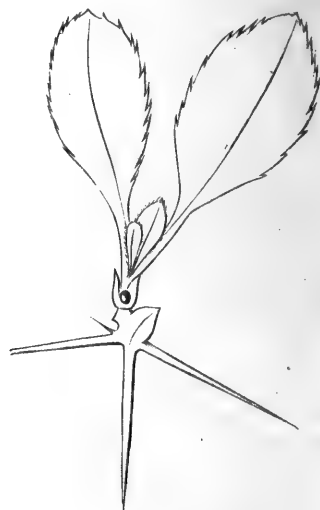


FIG. 255. *Berberis vulgaris*. Dreitheiliges Laubblatt, welches sich in einen dreitheiligen Dorn umgebildet hat, die Axillarknospe desselben ist vorgeeilt und beblättert.

b) Defensivwaffen.

Die dreitheiligen Dorne der *Berberis* sind ursprünglich zarte gedrehte Vorblättchen der Knospe. Mit der Entwicklung der Axe, Fig. 255, wachsen sie zu starren, dreispitzigen Dornen heran, welche als furchtbare Waffen die Pflanze in einem Defensivkriege schützen.

von *Ranunculus aquatilis* bildet zungenförmige, die unter Wasser cultivirte Pflanze ganz schmal lineare Blätter, Fig. 256 B.

d) Schwimmblasen.

Die Schwimmblasen, Schläuche der *Utricularia* sind Auszweigungen der letzten Ordnungen an blattähnlichen Zweiggebilden; sie stehen auf der Innenseite der Fieder, Fig. 257 A B.

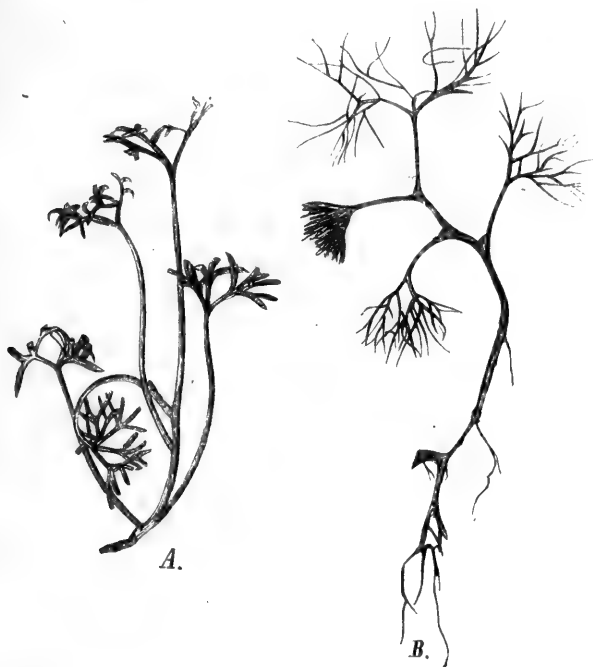


FIG. 256. *Ranunculus aquatilis*. A die Pflanze auf dem Lande gezüchtet. B die Pflanze unter Wasser gezüchtet. (Nach ASKENASY.) In der ersteren Pflanze sind die Fieder verbreitert und in kleinerer Anzahl. In der letzteren sind sie schmal lineal und in größerer Anzahl.

Ihre Entwicklungsgeschichte zeigt, daß wir es hier mit metamorphen Stämmen zu thun haben. Jede Blase setzt sich zusammen aus zwei Zweigspössen, Fig. 258 p s, welche zusammenwachsend einen sphärischen Hohlkörper einschließen.

An der *Utricularia* werden außer den Blüthentrieben mehrere Sprossungen unterschieden, welche in ihrer Entwicklung zum Theil außerordentlich von den gewöhnlichen vegetativen Sprossungen abweichen. Eine dieser ist der Schlauch, Fig. 258. Im jugendlichen Zustande ist derselbe ähnlich den rankenartigen Sprossungen an derselben Pflanze. Der Vegetationspunkt b krümmt sich schon im jugendlichen Zustande. Er legt mehrere seitliche Blättchen an, die in der Fig. 258 weggeschnitten sind; diese überwachsen

den Vegetationspunkt. Außer diesen entspringt in der Mediane (dieß ist die Ebene der Zeichnung der Fig. 258) noch ein Vegetationspunkt, *s*. Dieser krümmt sich gegen *p*, die Tragaxe, und verwächst mit derselben. Diese beiden Sprosse, sammt den seitlichen an *p* stehenden Blättern, setzen den

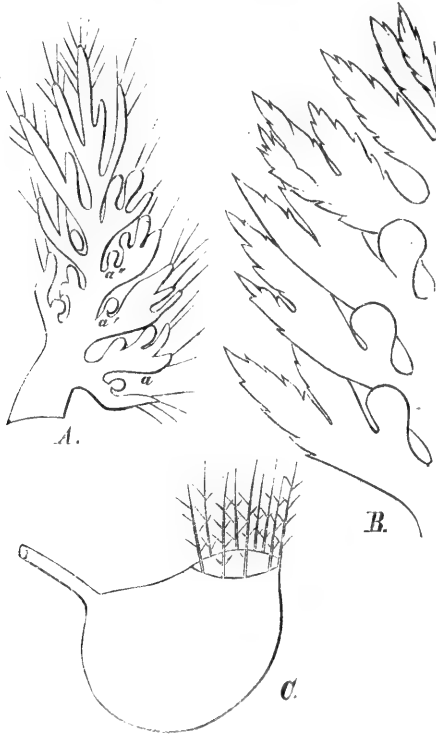


FIG. 257. *Utricularia vulgaris*. A junges Zweigsystem, *a* die Anlagen der Schläuche, B ausgewachsenes System, C ausgewachsener Schlauch. (B C nach REINSCH.)

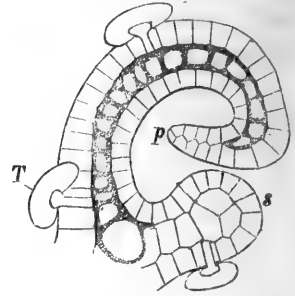


FIG. 258. *Utricularia vulgaris*. Zwei Zweigspitzen, welche sich zur Schwimmblase zu schließen im Begriffe sind. *p* der Vegetationspunkt der einen, *s* derjenige der anderen Zweigspitze, *T* ein knopfartiges Haar. (Nach PRINGSHEIM, vergl. Fig. 198 oben S. 365.)

Schlauch zusammen. Die beiden Vegetationspunkte schlagen sich nach innen, und es entsteht durch nachträgliche Theilung eine Gewebeplatte in Form eines trichterförmigen Canals, welcher in das Innere des Schlauches führt.

Die ausgewachsene Blase, Fig. 259, der *Utricularia* ist etwas abgeflacht, IV V der Figur, an der Mündung mit einem Befatz von Haaren versehen. In den

Stiel tritt ein Leitbündel, welches sich in die Rücken- und Bauchfläche bei A verzweigt. Die Innenseite ist mit Sternhaaren besetzt, *d*, Fig. 259 VII. Die Blasenwand besitzt zwei Schichten von Parenchym. Die äußere führt Chlorophyll und zuweilen ein blaues Pigment. Die Mündung ist so beschaffen, daß ein kleines Thier leicht einschlupfen kann, der Austritt aber ist durch die Gaumen *a e* verwehrt. Auch die Luft in der Blase kann durch einen künstlich ausgeübten Druck auf die Blasenwände nicht entweichen. «Der Gaumen ist eine dünne Membran, welche vom oberen Rande des Peristoms, *a b c d*, Fig. 259 IV, als unmittelbare Fortsetzung der Blasenwand sich in die Mundhöhle hineinschlägt und zu beiden Seiten auf der Innenseite der Backen vermittelt zweier schief von den oberen Mund-

winkeln nach den Spitzen der Kinnladenäste abwärts gerichteten, mit diesen beinahe einen rechten Winkel bildenden Anwachsstreifen, *a e*, angeheftet ist.» Die Blase wirkt somit wie eine Thierfalle (f. COHN, a. a. O. S. 86 ff.).

Während bei der *Utricularia* drei Organe, nämlich Stammsproß, Blatt und Haar in complicirter Weise zu einem Schwimmapparat, der beiläufig

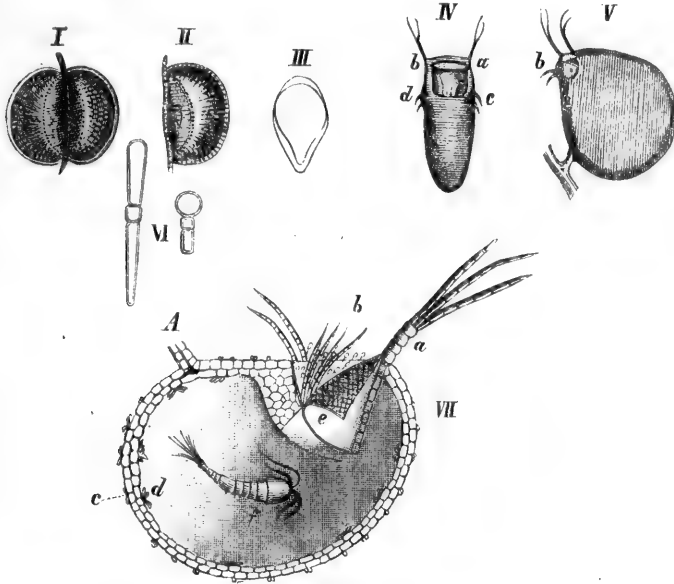


FIG. 259. *I* und *II* Blätter von *Aldrovanda vesiculosa*, *III* bis *VII* die Schläuche von *Utricularia vulgaris* (nach COHN, Beiträge zur Biologie, Bd. I). *I* das geöffnete Blatt. *II* von der Seite in geschlossenem Zustande. *III* die Blase von *Utricularia*, nachdem die Mündung abgetragen ist. *IV* die Blase von der Mündung *a b c d* gesehen. *V* dieselbe von der Seite. *VII* Durchschnitt durch die Utriculariablase, bei *a b* der Mündungsbefatz (Peristom), bei *e* die trichterförmige Mündung, *a* eine Borste der Oberlippe, bei *b* Borsten der Unterlippe. Ein Cyclops ist in der Blase gefangen. *VI* Haare aus drei Zellen, einer Stielzelle, Mittel- und Endzelle zusammengesetzt, von der Mündung und dem Gaumen der Utriculariablase.

auch eine Thierfalle (?) fein kann, zusammentreten, wird bei der *Aldrovanda vesiculosa* ein Theil des Blattes, Fig. 259 *I II*, zu einer beweglichen Klappe umgebildet. In der Mediane *I* verläuft ein Gefäßbündel, die beiden Hälften klappen auf einen äußeren Reiz hin zusammen und schließen den Rand eines linsenförmigen Hohlraumes mit Epidermiszähnen, welche sich gegenseitig verschränken. *II* das geschlossene Blatt. In dem Hohlraum fangen sich kleine Crustaceen, welche ähnlich wie in dem Blatt der *Dionaea* getödtet werden. Die Innenfläche des Blattes ist mit kleinen Drüsen besetzt, welche vielleicht analog den Drüsen der *Drosera* ein verdauendes Secret absondern (im Uebrigen f. COHN, a. a. O. S. 76 ff.).

e) Drüsen aus metamorphen Blattfiedern.

Die unteren Blattzähne werden bei den Amygdaleen bei *Humulus* und anderen zu eigenthümlichen, zum Theil hohlen Drüsen umgebildet. In

folche Wäzchen verläuft eine Endigung der Nervatur blind endigender Tracheiden. Der Anlage nach find diese Gebilde entweder metamorphofirte

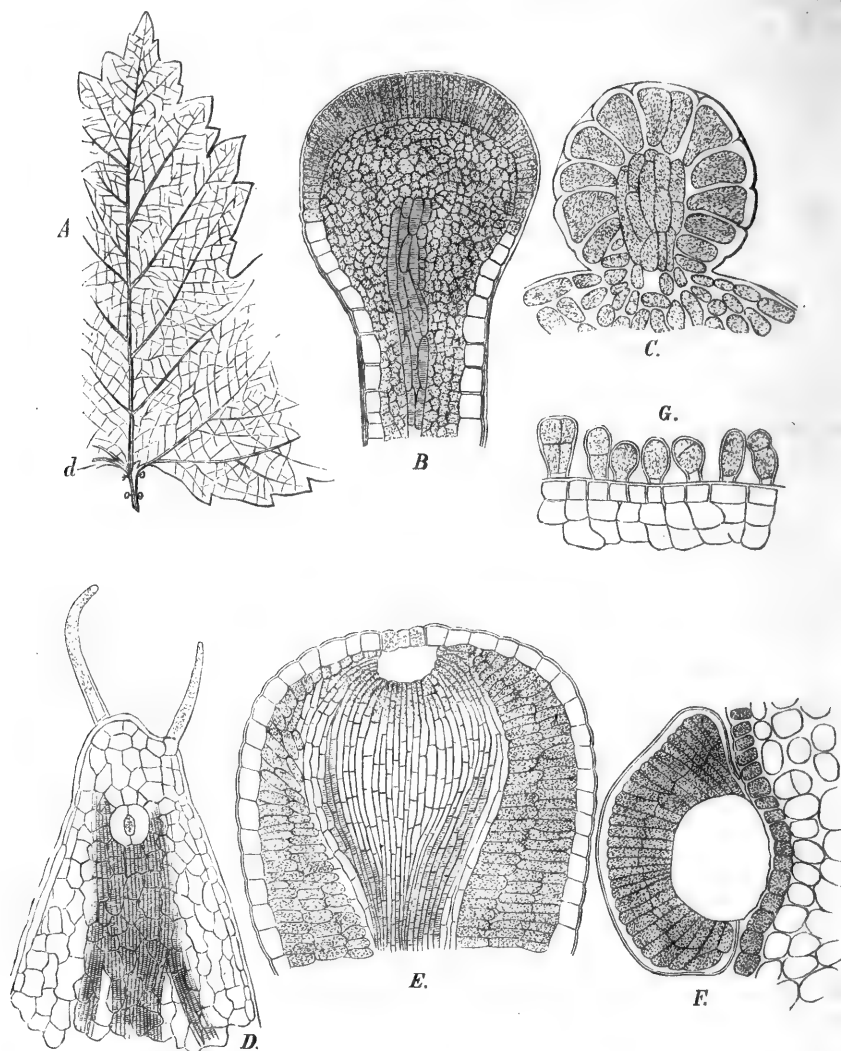


FIG. 260. A Blatthälfte von *Humulus lupulus* mit je zwei Drüsen an dem Blatthiele bei *d*. B Drüse von *Prunus avium*. C *Betula alba*. Opt. Längsschnitt einer auf der Spitze des Blattzahnes befindlichen Colletere (Klebrüse). Vergl. weiter unten die Wachsdrüsen unter «Trichomgebilde». D *Ribes multiflorum*. Blattzahns Spitze von der Oberseite gesehen, in der Nähe der Spitze liegt eine Spaltöffnung, in deren Nähe das Gefäßbündel endet. E *Epilobium Dodonxi*. Längsschnitt durch den Wulst, an der Spitze des Blattzahnes genau im Scheitel liegt eine Spaltöffnung, welche mit einem größeren Interzellularraum communicirt. F *Catalpa syriaca*. Längsschnitt durch eine Blattdrüse. G *Vicia faba*. Secernirende Haare auf der Epidermis des jungen Blattes. (B C G nach RENKE.)

Blattzähne, A B D E, oder Haargebilde, C G F Fig. 260, welche aus den Oberflächenzellen der Blattzähne, der Epidermis, hervorsprossen, durch die

Secretion von harzartigen Körpern das Verkleben der Blätter, namentlich der Knospenschuppen bewirken und indem sie das Benetzen der Knospen von außen verhindern, zum Knospenschutz beitragen. Mit der Entfaltung und dem Heranwachsen der Blätter werden diese Drüsen functionslos. Die blattartigen Drüsen, *B D E*, besitzen in dem unteren Theil die Epidermis, in dem Scheitel ein dünnwandiges Epithel, Fig. 260 *B*.

§ 31. Auszweigungen des letzten Ranges, Trichomgebilde¹⁾.

Wir fassen hier alle Oberflächenauszweigungen über das ganze Pflanzenreich als solche zusammen. Es sind rasch wachsende und rasch ausgewachsene Ausfüllungen oder Auszweigungen der Oberflächenzellen oder der Hautgewebe, ein- oder mehrzellig, verzweigt oder unverzweigt. Ein gemeinfamer histologischer Zug für alle Pflanzen ist dieser: die letzten Verzweigungen der Gefäßbündel treten nicht in die Trichomgebilde ein.

A. Allgemeine Formzüge, Wiederholung des Algengliedertypus.

Die Haargebilde einfachster Art sind einzellige cylindrische Wucherungen der Hautgewebezellen, so die Wurzelhaare insgesammt, aber auch zahlreiche Blatt- und Stammhaare.

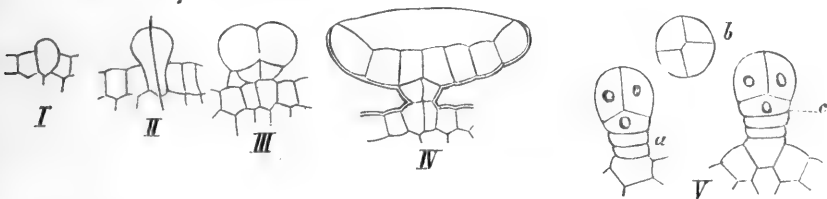


FIG. 261. *Humulus lupulus*. I–IV Entwicklung der Lupulindrüsen. In I ist dieselbe ein einzelliges Haar, in II zweizellig, knopförmig mehrzellig in IV; im Innern hat sich das Secret gesammelt, die Cuticula ist flachblasenförmig, in IV nach außen gewölbt (nach RAUTER). V Entwicklung des Köpfchenhaares von *Dictamnus*, a c Längs-, b Scheitelansicht.

Die Ausfüllung schwillt an, theilt sich wiederholt senkrecht zur Längsrichtung. Es entsteht das cylindrisch gegliederte Haar oder es theilt sich

¹⁾ C. A. J. A. OUDEMANS, Beiträge zur Kenntniß des Baues und der Entwicklungsgeschichte der Haare (namentlich der köpfchenträgenden) von *Collomia coccinea*. 425. Bot. Ztg. 53. — OSCAR UHLWORM, Beiträge zur Entwicklungsgesch. der Trichome mit besonderer Berücksichtigung der Stacheln. 753. 769. 785. 801. 817. Bot. Ztg. 73. — JOS. RAUTER, Zur Entwicklungsgesch. einiger Trichomgebilde. (A. d. kais. königl. Hof- und Staatsbuchdruckerei.) Wien 1871. — DR. CONRAD DELBROUCK, Die Pflanzenstacheln. HANSTEIN, Bot. Abhandl. Bd. II. Heft 4. 1875. — PERSONNE, Formation du lupuline. Ann. d. sc. IV. Sér. Bd. I.

wiederholt durch Wände, welche den sphärischen Körper in Kugeldurchschnitte zerlegt, das Knopfhaar, Fig. 261 V. Dieses entsteht, indem die unteren

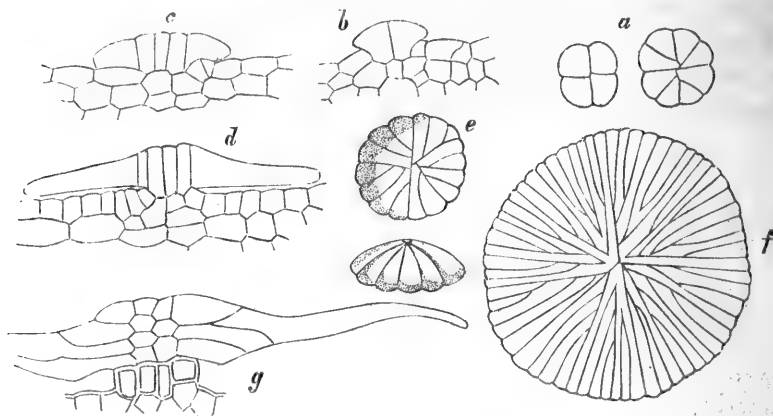


FIG. 262. *Shepherdia ferruginea*, Nutt. Entwicklung der Schildhaare. In *a* die Flächenansicht des jungen Haares von oben, daselbe ist in der einen Figur vierzellig und diese Ansicht entspricht der Seitenansicht *b*, in der zweiten Zeichnung unter *a* ist das Gebilde achtzellig und entspricht der Seitenansicht *c*. *d* Seitenansicht des Schildhaares in späterem Zustand. *g* Seitenansicht des fertiggebildeten Schildhaares mit mehrschichtiger centraler Säule. *e* das Schildhaar in mittlerer Entwicklung von oben und von der Seite. *f* Scheitelansicht, entsprechend der Seitenansicht in *g* des fertigen Gebildes, in welchem nun zahlreiche radial geordnete Zellen befindlich sind, gleichwohl läßt sich die ursprüngliche Quadrantenordnung noch erkennen. (Nach RAUTER.)

Zellen ungetheilt bleiben. Die obere theilt sich über das Kreuz oder in Octanten u. f. f. mehr oder weniger regelmäßig. Nehmen die Theilungen

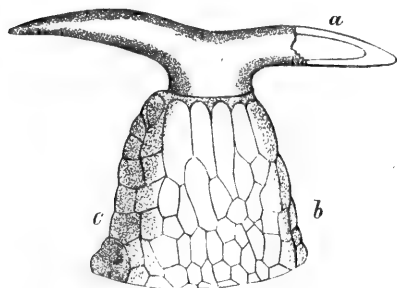


FIG. 263. *Humulus lupulus*. Ein Klimmhaar, daselbe ist in dem Kegel *c b* eingeschlossen, nach unten halbkuglig abgewölbt, bei *a* ist der eine Arm im optischen Durchschnitt gezeichnet. (Nach RAUTER.)

und das Wachsthum in die Fläche zu, so entsteht das schildförmige oder das Sternhaar, Fig. 262. Die Theilung beginnt im Längsschnitt des Haares mit einer Mittelwand *b* und *a*, Fig. 262, sodann theilt sich jede Zelle durch eine dazu senkrecht stehende Wand, so wird der Körper vierzellig, später entstehen mehr oder weniger regelmäßig die Octantenzellen *c e* u. f. f. Die weitere Gliederung erhellt aus der Figur und deren Erklärung.

Ein solches vielzelliges Haar ist zuletzt ein flacher Teller oder eine Gruppe sternförmig divergirender Ausstülpungen, so bei den Elaeagnen. In der ausgebildeten Form lassen sich die Theilungsfolgen noch leicht aus der Lage der Zellen erkennen.

Die angrenzenden Epidermiszellen betheiligen sich bei dem Wachsthumsvorgang des Haarkörpers, es entsteht eine Drüse, auf welcher das einfache oder verzweigte Haar aufsitzt. Figur 263 stellt die Kletterhaken

des Hopfen dar. Das Brennhaar der Nesseln zeigt eine ähnliche Anordnung. In einem parenchymatösen Wärtchen sitzt die birnförmige Giftdrüse eingeschlossen und mündet in einen capillaren Conus mit etwas angeschwollener Spitze. Bei einer leisen Berührung bricht die Spitze, an der Haut der Hände des Menschen etwa, ab. Das Gift der Drüse wird unter dem Gewebedruck des Wärtchens in die entstehende Hautwunde injicirt.

Die nächste Form, welche so wie das flache Haar, Fig. 262, an den Theilungsmodus der Melobesien, an denjenigen der Characeen entfernten Anschluß hat, ist das verzweigte Knospenhaar von *Platanus*, Fig. 264 I. Daselbe besteht an seiner Basis aus wenigen Zellengliedern, welche verkürzt sind, sodann folgen mehrere gestreckte Glieder, diese theilen sich in eine centrale Zelle und vier bis fünf Rindenzellen, welche in der Fig. 264 I angedeutet sind. • Von jedem Gliede entsprossen ebensoviele nichtberindete Zweige wie Rindenzellen vorhanden waren. Das oberste Glied der Hauptaxe ist nicht berindet. II ist ein Schema der Berindung des Charenstammes im optischen Durchschnitt (man vergl. die Entwicklung des Charenstammes oben S. 179, Fig. 93).

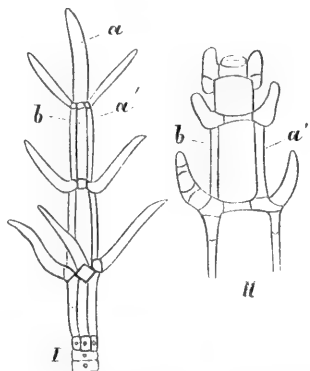


FIG. 264. I *Platanus occidentalis*, gegliederte Haare aus der Blattknospe, *a* die einfache Endzelle, hierunter folgen mehrere Glieder mit quirlartig gestellten Seitenzweigen in der Anzahl von 4–5, *a'* die Rindenzellen, *b* die centrale Gliederzelle (zu vergl. mit II und den Fig. 93 und 94). II Schema der Gliederung im Scheitel des Charenstammes (vergl. S. 178 ff.).

B. Trichomgebilde im Innern der Pflanze.

Bei den Nymphaeaceen werden sternförmige cuticularisirte Haare von den Grenzzellen der Interzellularräume gebildet, welche in den Luftcanal hineinragen.

Von einigem Interesse sind die Haare im Innern der Schwimmblase, der Schläuche von *Utricularia*. Hier kommen fünf Formen in dem kleinsten Flächenelement vor:

- 1° flach knopfförmige *a*, Fig. 265 A;
- 2° vier strahlige aus einer Zelle entsproßt, Fig. 265 A B C D;
- 3° cylindrisch mehrzellig;
- 4° ebenfolche mit kuglig angeschwollener Endzelle, Fig. 265 F.

Chlorophyllführende Haare. *Polytrichum* und *Barbula membranifolia*.

Nur in wenigen Moosgattungen (sämmtliche *Polytricha* und *Barbula membranifolia*) entstehen auf der Innenseite (morphologische Oberseite) Trichomgebilde, deren Gliederzellen Chlorophyllkörper führen.

Farblofe Haare.

Die Haargebilde aller höheren Pflanzen haben mit der Epidermis den Zug des vollständigen Mangels an Chlorophyllkörpern gemein.

C. Allgemeine Züge der Stellung.

Erst von den höheren Algen (f. oben unter Sphacelarien) und den Moosen ab aufwärts durch die Gefäßkryptogamen nach den Blütenpflanzen

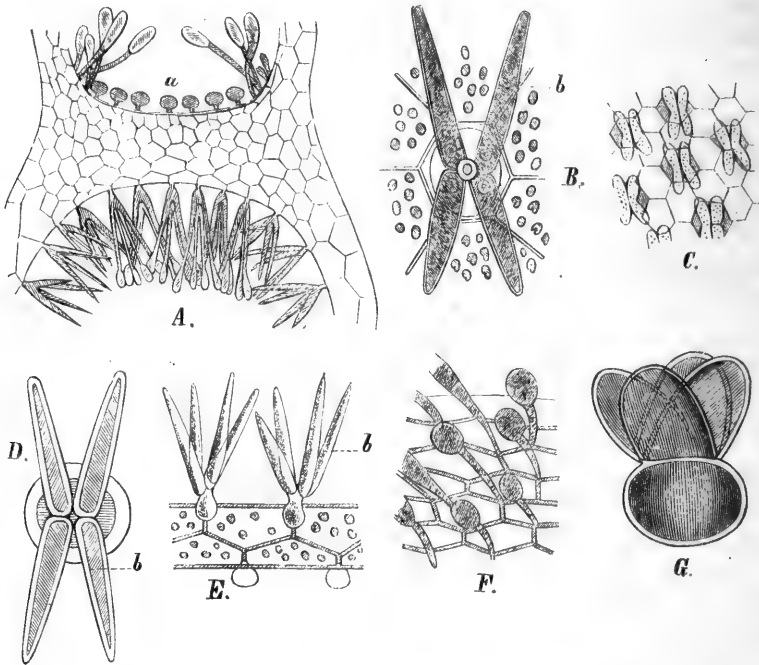


FIG. 265. *Utricularia vulgaris* (nach REINSEN). A Durchschnitt durch den oberen Theil eines entwickelten Schlauches (Schwimmblase, vergl. Fig. 257 und Fig. 258, S. 422) senkrecht auf die äußere Fläche der Mündungsmembran, in der inneren Fläche des Schlauches entspringen zahlreiche Sternhaare. B Flächenansicht eines Sternhaares mit der Basalzelle, welche in E von der Seite gesehen wird. C kleine Parthie der Oberseite des Schlauches. D eines der Sternhaare an der Zelle, aus welcher es entspringen. F kugelförmige Haare aus demselben Schlauch. G

tritt eine solche Gliederung des vegetativen Körpers auf, daß von den Haargebilden als besondern Organen gesprochen werden darf.

Der Vegetationspunkt als solcher bringt niemals direct ein Trichomgebilde hervor, stets entspringen sie in späteren Zellenabkömmlingen. In dieser Hinsicht ist der Scheitel von *Metzgeria* von Bedeutung. Dicht in der Nähe der Scheitelzelle werden mehrere gesetzmäßig gestellte Haargebilde der mikroskopischen Beobachtung lästig, Fig. 266. Es sind die vielleicht diejenigen Anhangsgebilde, welche am nächsten zur Scheitelzelle stehen. Die Zellen aber, welche sie hervorbringen, sind aus der dritten bis vierten Generation (vergl. oben Schema von *Metzgeria*, Fig. 102).

In dem Scheitel der Laubmoose stehen die Trichomgebilde, aus welchen die Antheridien und Archegonien sich entwickeln, auf dem Stammtheile des Segmentes, wiewohl in der Nähe der Scheitelzelle, doch auf Zellen des 5.—6. Grades der Verwandtschaft (f. Fig. 120 oben, Längsdurchschnitt der Polytrichumknospe).

Bei den Farrenkräutern stehen die Spreuschuppen aus Zellen des Hautgewebes von noch entfernterer Verwandtschaft und sie entstehen nach HOFMEISTER'S Angaben niemals in der Region zwischen der jüngsten deutlich sichtbaren Wedelanlage und der Scheitelzelle.

D. Bedeutung der Trichomgebilde.

Von einer allgemeinen Bedeutung der Haare im Leben der Pflanze ist nicht die Rede, da ganze Verwandtschaftskreise dieselben vollständig oder doch an Organen entbehren, welche in anderen Familien behaart sind, so

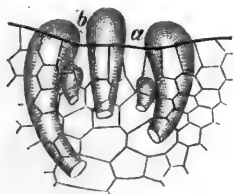


FIG. 266. Scheitel der Metzgeria. *a b* Scheitelzellen. In den Zellen des dritten bis vierten Grades des Segmentes sind einzellige Haare entstanden, welche den Scheitel unterseits bedecken. Nach KNY, Beiträge u. f. f. (PRINGSH., Jahrb. IV).

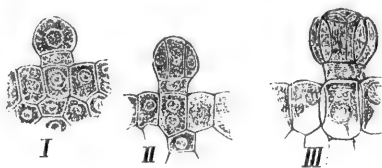


FIG. 267. Marchantia polymorpha. Anlage der Archegonien. In I zweizellige Trichomwarze, in II fünf-zellige, in III zehnzellige. (Nach STRASBURGER.)

bei den Juniperineen, Abietineen, Crassulaceen und zahlreichen Monocotyledonen. Nehmen wir die Stacheln, Drüsen, soweit sie aus dem Hautgewebe entsprossen, hinzu, so können wir diese Functionen nachweisen:

1° Schutz gegen Temperaturwechsel in der Knospe. Eine große Anzahl von Pflanzen zeigt dicht behaarte Blätter, so lange diese in der Knospe befindlich sind, während dieselben nach der Entfaltung haarlos sind.

Das Haar schützt in der Knospe der Pappeln, Birken, Roskastanie durch Secretion eines harzigen Körpers, welcher die Deckschuppen so benetzt, daß das Eindringen von Wasser unmöglich wird.

Die Paraphysen der Flechten, der Ascomyceten und Moose mögen ähnliche Bedeutung haben, wiewohl diese bis jetzt nicht zu überschauen ist. Diese Gebilde können auch Nebenorgane sein, welche als Rudimente von Organen mitgehen, die früher eine physiologische Bedeutung hatten;

2° die Geschlechtsapparate der Moose entsprossen, wie früher gezeigt, aus Haargebilden (f. § 15);

3° die Sporangien der Farrenkräuter entstehen ebenfalls als Haargebilde aus Oberflächenzellen (f. S. 287 ff.);

4^o das Haar ist ein Organ der Ernährung an den Wurzeln der höheren Pflanze;

5^o es wird zur Offensivwaffe an den Haustorien der Cuscuten (f. Bd. I, § 36 und Fig. 221 oben);

6^o zur Defensivwaffe wird es einerseits ausgebildet bei *Urtica*, während daselbe Gebilde bei *Humulus* als Offensivwaffe Verwendung findet (f. § 2, S. 34 oben).

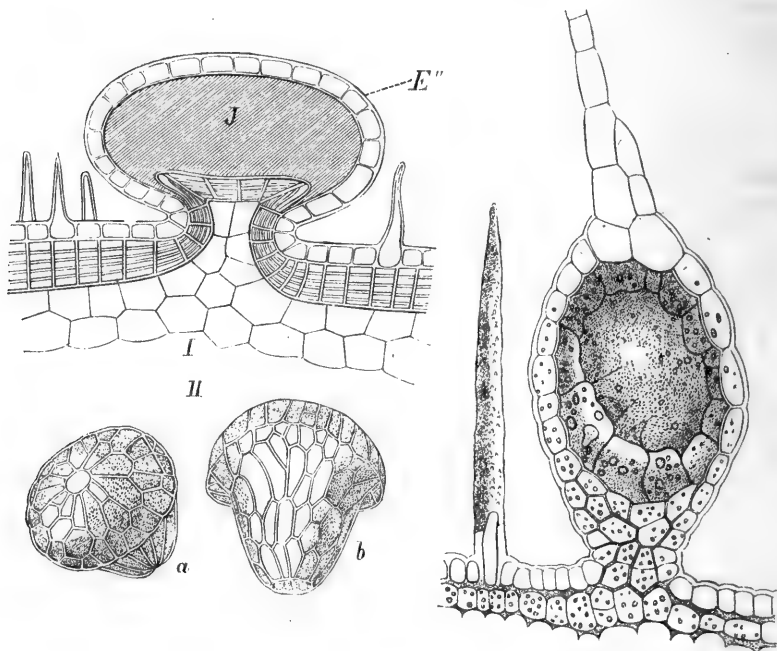


FIG. 268. I Durchschnitt durch die Wachsdrüse eines ausgewachsenen Birkenzweiges. J der ursprünglich mit Zellen, jetzt mit einem wachsartigen Secret erfüllte Raum der Drüse, umgeben von den Randzellen der Drüse E'' . Auf der Epidermis sitzen unverzweigte Cylinderhaare. Unter der Epidermis die Peridermlage, welche in die Drüse J einen kleinen tellerförmigen Auswuchs getrieben hat. II die unter dem Namen «Lupulin» bekannten knopfförmigen Haare aus dem Blütenstand des Hopfens, a vom oberen Pol gesehen, in diesem untercheidet man eine strahlige Anordnung der Zellen; b von der Seite gesehen. Rechts eine kleine Durchschnittsparthie durch die Epidermis von *Dictamnus* Fraxinella mit einem Drüsenhaar, dessen Innenzellen in der Resorption begriffen sind, und einem einzelligen Wollhaar. Das Innere der Drüse ist mit ätherischem Oel angefüllt.

Die Stacheln der Rose, die stacheligen Blätter der Phanerogamen sind Defensivwaffen. Hier ist zu unterscheiden, daß solche z. Th. reine Trichomgebilde sind, deren Descendenz von den Hautgeweben hergeleitet werden kann, z. Th. aber sind es Blattzähne. Pflanzen, welche zur Bewaffnung in diesem Sinne neigen, ergreifen jede Gelegenheit, solche Waffen zu bilden, sei es, daß sie das Haar, sei es, daß sie den Blattfieder. (Zahn) umbilden oder beide zugleich;

7^o Zweig- und Blatthaare werden zu Secretionsbehältern umgebildet

in mehreren Familien der Phanerogamen, so bei den Rutaceen, Dictamnus, Fig. 268, bei Humulus, bei den Birken. Die Gestalt und Dauer solcher Gebilde ist sehr verschieden, immer aber führt der Entwicklungsgang auf ursprünglich einzellige Ausstülpungen der Epidermis zurück;

8^o Hilfsapparate bei der Befruchtung. Endlich functionirt das Haar an dem Narbenkörper der Blütenpflanzen als Secretionsorgan (Papillen der Narbe), als Hilfsapparat für das Einsammeln der Pollen von dem Leib der besuchenden Insecten (f. Allg. Morphologie der Blütenpflanzen).

Es möge hier ein merkwürdiger Apparat dieser Art beschrieben sein. Die Sammelhaare der Campanulaarten stülpen sich, nachdem sie bestäubt sind, in der Weise ein, wie man einen Handschuhfinger von dem Scheitel nach der Basis einstülpen kann, das Narbenhaar wird hierbei verkürzt und deponirt den inhaftenden Pollen auf dem Narbenkörper.

E. Gallenhaare.

1. Phytoptus (Erineum).

Die Milben aus der Gattung Phytoptus veranlassen auf den von ihnen bewohnten Blättern (Vitis, Alnus) krankhafte Ausbauchungen des Blattes, wobei die besiedelte Unterseite concav wird. In solchen Concavitäten, von bis 1—2 cm Durchmesser, bilden sich sehr lange Haare, einzellig, mit mehreren Verzweigungen. Es entsteht ein Haarpolster, dessen Dicke diejenige des Blattes oft überwiegt.

2. Eichengallen.

Die flachen Zellen oder knopfförmigen Gallen der Cynips Malpighii, quercus u. a. m. bilden sternförmige Haare, welche sonst dem Eichenblatte nicht zukommen.

§ 32. Der Blütenstand (Inflorescenz).

Es wurde schon oben bei der Betrachtung des Stammes darauf hingewiesen, daß die Blüthe an Zweigen der ersten bis zweiten oder dritten Ordnung entsteht als ein umgewandelter Zweig mit umgebildeten Blättern. Die Blüthe ist in der großen Mehrzahl der Fälle ein Kurztrieb. Ein System von wenigen oder zahlreichen solcher Kurztriebe ist die Inflorescenz oder der Blütenstand. Das Element des Blütenstandes ist die Blüthe, welcher im einfacheren Falle ein Hochblatt *B* als Vorblatt und mehrere Nebenblättchen *b b'* vorausgehen. *a* ist die Axe der Blüthe, *A* die tragende Hauptaxe:

A
 $b \ a \ b$
 $B.$

Von A , dem Querschnitt der Hauptaxe nach B geht im Allgemeinen die Mediane des Systems, nach zahlreichen Richtungen von A stehen die Blüten in mannigfacher Anordnung.

Die Laubblätter bilden die vorbereitende Region für den Blütenstand. Je nachdem dieser mehr oder weniger vorherrscht und an Mächtigkeit gewinnt, ist der Uebergang der Laubblätter nach der Blütenregion mehr oder weniger allmähig:

1^o im einfachsten Fall steht die Blüthe oder der Blütenstand als vorwielendes Axillarproduct in der Achsel der Laubblätter;

2^o der Blütenstand beschließt mit einer größeren Anzahl von Blüten den Trieb oder die Hauptaxe. Hierbei gehen allmähig die Laubblätter in die Hochblätter über, deren Axillarproduct die Blüthe ist.

A. Monopodiale Blütenstände.

Der Blütenstand ist monopodial (nach der älteren Bezeichnungsweise centripetal) wenn er von unten nach der Spitze wächst und in derselben Reihenfolge die Seitenzweige, beziehentlich Blüten, anlegt, so daß die Gipfelblüthe die zuletzt entstandene ist. Die Hauptformen der monopodialen Blütenstände können in diesem Sinne geordnet werden:

1^o Aehre (Traube). Die aufeinander folgenden Zweige, welche in der Blüthe enden, zeigen unter sich nahezu gleiches Längenwachsthum; das Maaß des Längenwuchses herrscht in der tragenden Axe vor, und ist von der unteren nach der oberen Blüthe daselbe. Die Aehre kann einfach, doppelt, dreifach zusammengesetzt sein;

2^o die Rispe zeigt daselbe Verhalten in Bezug auf die Hauptaxe, die Längen der Seitenaxen und ihre weiteren Auszweigungen werden geringer, beziehentlich ärmer, von der Basis nach der Spitze, so daß dort der Blütenstand unter Umständen in die Aehre übergehen kann. Auch die Rispe kann mehrfach zusammengesetzt sein, so daß die Blüten erst als Zweige höherer Ordnung auftreten;

3^o die Dolde ist in der Entwicklung identisch mit der Aehre, die Längenintervalle an der Hauptaxe aber bleiben verschwindend klein gegenüber der Ausdehnung der Seitenzweige, welche unter sich gleiches Maaß des Längenwuchses zeigen. Wie die Rispe kann die Dolde mehrfach zusammengesetzt sein;

4^o bleiben die Längenaxen und die Seitenaxen verkürzt, wächst dagegen das System in die Breite, so entsteht der für die Compositen charakteristische Blütenstand, das Köpfchen, als ein flacherer oder steilerer

Rotationskörper, an welchem die in dichten Contactlinien geordneten Blüten von der Basis nach dem Scheitel entstehen;

5° endlich wird im Blütenstand der Feige die Axe, welche ursprünglich eine im Scheitel mit den Hochblättern beginnende convexe Knospe war, allmählig während der Anlegung der verkürzten Blütenknospen concav und schließt sich zu einem birnförmigen Hohlkörper, welcher auf seiner Innenseite die zahlreichen Blüten trägt. In gleichem Sinne ist der Blütenstand der *Dorstenia* eine flache, unregelmäßig gelappte Scheibe, auf deren Oberseite die Blüten eingefügt stehen;

6° das Köpfchen kann in sich zusammengesetzt sein aus zahlreichen, mit einem Niederblattkreis beginnenden Inflorescenzen, welche mit einer einzigen Blüte abschließen. *Echinops*.

B. Sympodiale Blütenstände.

Auf die Stellung dieser Systeme an der Pflanze ist später nochmals zurückzukommen. Der zweite Modus der Entwicklung wird von den Morphologen die sympodiale Ausbildung genannt (centrifugale Entwicklung). Im Wesen der Sache beginnt das Sympodium zunächst für den mikroskopischen Anlagezustand in monopodaler Weise. Zuerst entstehen an der Knospe der tragenden Axe, der relativen Hauptaxe, einige Blattknospen in akropetaler Folge. Mit dem Beginn der Blütenbildung aber geht die Hauptknospe der tragenden Axe in eine Blüte über. Jede weitere Auszweigung aus derselben ist damit abgeschlossen. Das System kann von jetzt ab nur aus den tiefer stehenden Seitenknospen verjüngt, weiter verzweigt werden:

1° die allgemeine und häufigste Form der sympodialen Blütenstände ist unter dem Namen der Trugdolden (*Cyma*) beschrieben: die Hauptknospe *A* wird zur Blüte:

B a A a B.

Die etwas tiefer stehenden Seitenknospen *a* in der Achsel der Hochblätter *B* strecken sich, bilden wiederum Axillarsprosse und gehen wie *A* in Blüten über, *A'*:

B' A'' B A' A A' B A'' B'.

Ebenso verhalten sich die Axillarsprosse der nächsten Generation u. s. f. Das System wächst von Innen nach Außen und kann ebenso, wie hier nur zwei Richtungen angegeben sind, nach mehreren Richtungen strahlig wachsen. Es kann äußerlich wie eine Rispe und Dolde, oder bei dichter Stellung der Sprossungen wie ein Köpfchen erscheinen¹⁾;

¹⁾ Allium.

2° ein besonderer Fall cymöser Verzweigung beruht darin, daß die Endblüte *A*, sodann *A'* jeweilig im mikroskopischen Anlagezustand streng gesetzmäßig eingehen¹⁾). Alsdann wird das System gabelig. In der Regel entstehen zwei Gabeläste.

Die übrigen Formen der cymösen Blütenstände können aus 1° hergeleitet werden;

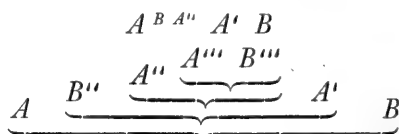
3° wenn an der tragenden Axe *A* nur eine Seitenknospe angelegt wird, welche, nachdem die Hauptknospe *A* in die Blütenbildung eingegangen ist, zur Weiterbildung gelangt, so entsteht die Schraubel- (*Cyma helicoidea*) und die Wickelflorescenz (*Cyma scorpioidea*):

a) das System wird einseitig gefördert, indem jedesmal die neu auftretende Knospe nach derselben Seite an der vorhergehenden Zweigordnung zur Entfaltung kommt, *cyma helicoidea*:

b''' a''' b'' a' b' A A' B' A'' B'' A''' B''' u. f. f.

In diesem Schema werden alle nach rechts gehenden Sprosse *A' A''* u. f. f. in Blüten umgebildet. Je ein späterer ist das Axillarprodukt eines an dem vorhergehenden stehenden Hochblattes;

b) die *Cyma scorpioidea* entsteht in demselben Sinne, nur wechselt von einer nach der nächsten Sproßgeneration die Seite, an welcher die Blätter *B B'* stehen, einmal steht *B* links an *A*, *B'* aber steht rechts an *A'* u. f. f.



Gemischte Inflorescenzen entstehen so, daß die höheren Auszweigungen in cymöser Weise endigen, während die niederen in akropetaler Folge entstanden sind²⁾).

Betrachtet man die höheren Pflanzenformen im Anschluß an die Kryptogamen, so findet man bei den ersteren sympodiales Wachstum nur bei wenigen Fucaceen³⁾, Florideen. Alle Moose sind Monopodien, ebenso alle Characeen, ferner alle Farrenkräuter, Equifeten, Rhizocarpeen. Sympodiale Blütenstände kommen in dem ganzen Reich der Coniferen nicht vor. Nur bei *Ephedra* geht die Hauptknospe nach der Anlegung zweier Blüten, welche in den nächst tieferen Axillarknospen entstanden sind, ein. *Ephedra* ist der erste Fall sympodialer Blütenbildung in der aufsteigenden Richtung. Bei den Monocotylen dagegen treten sympodiale Inflorescenzen bei

¹⁾ *Euphorbia canariensis* und andere verwandte Euphorbien.

²⁾ *Philadelphus*, *Sambucus*, Hippocastaneen und zahlreiche andere.

³⁾ Man vergl. *Dictyota*, S. 137 oben.

den Tradescantien, den Liliaceen, Juncaceen u. a. m. auf. Bei den Dicotylen herrschen die monopodialen Inflorescenzen entschieden vor.

Betrachten wir nun noch den Baum (beziehentlich alle Holzpflanzen, welche Baumform anstreben), so ist zu beachten, daß diese drei Stufen zu unterscheiden sind:

I. die Hauptknospe der Axe erster Ordnung wird nicht abgelöst durch Seitenknospen und geht niemals in die Blütenbildung ein; ächtes Monopodium. Cupuliferen, Salicineen, Betulineen (z. Th.);

II. die Hauptknospe der Axe erster Ordnung geht mit dem Beginne der Mannbarkeit in die Blütenbildung ein, und damit verliert sie ihre vegetative Verjüngung; ächte Sympodien, z. B. Oleaceen, Hippocastaneen, Philadelphéen, Rhododendren u. a. m.;

III. die Axillarsprosse der nächsten Ordnung zur Hauptknospe enden mit Inflorescenzen. Dieß ist die Vermittlung zwischen I. und II. Pomaceen, Rosaceen, Ulmaceen.

Je später die Mannbarkeit eintritt, um so mehr sind selbstredend die vorbereitenden Zweiggenerationen der Laubblätter vorherrschend, um so mehr hält das System die Schafrichtung ein. Frühblühende Holzpflanzen, welche ihre Hauptknospe in Inflorescenzen umbilden, können, weil ihre Verzweigung von nun ab nur aus tieferen Axillarsprossen möglich ist, nicht zur reinen Schaftbildung gelangen¹⁾.

Die Diclinie (Monöcie, Diöcie) beginnt mit den Coniferen und bildet dort die Regel. Androgyne Blütenstände kommen bei Welwitschia vor. Dicline Blütenstände finden sich bei den Gräsern, Cyperaceen. In der Regel entstehen die männlichen Blütenstände an einer früheren Zweigordnung als die weiblichen. Bei allen Carices z. B. mit diclinen Inflorescenzen ist der männliche Blütenstand gipfelständig, die weiblichen entsprechen den Axillarknospen der tieferen Laub- beziehentlich Hochblätter. Auch in der Zeit ist ein Unterschied bei einigen Bäumen zwischen beiden Geschlechtern zu beachten, so bilden die Erlen, welche zu der systematischen Abtheilung Gymnothyrus gehören, ihre männlichen Kätzchen mit den Laubblättern des laufenden Sommers als voreilende Axillarsprosse und Endknospen aus, während die weiblichen erst mit den Laubtrieben des nächsten Sommers oder Frühlings zur Entwicklung gelangen.

¹⁾ Man vergl. Botan. Untersuch. von Dr. N. J. C. MÜLLER. Heidelberg. C. Winter. Bd. II. Heft 1. Ueber einen kurzen Ausdruck für die Evolution der Baumknospe. Man vergl. auch Bd. I d. Handbuchs, S. 374.

§ 33. Die Blüthe¹⁾.

Die Blüthe ist eine Anpassung an die herrschenden Verhältnisse des Festlandes. Alle im Wasser adaptirten Pflanzen, welche mit ihren Blüten-

1) Literatur: Polymorphie und Dichogamie der Blüthe.

SPRENGEL, Das entdeckte Geheimniß in der Natur. Berlin 1793. Fr. Vieweg d. Aelt.
— DÄN. MÜLLER, Ueber die Befruchtung der incompleten Blumen einiger Violaarten. 729. Bot. Ztg. 57. — H. v. MOHL, Einige Beobachtungen über dimorphe Blüten. Bot. Ztg. 63.
— Dr. ALEFELD, Ueber Triöcie und Trimorphie. Bot. Ztg. 63. — J. WALZ, Ueber die Befruchtung in den geschlossenen Blüten von *Lamium amplexicaule* L. und *Oryza clandestina*, A. Br. 145. Bot. Ztg. 64. — F. HILDEBRANDT, Experimente über den Dimorphismus von *Linum perenne* und *Primula sinensis*. I. 24. Bot. Ztg. 64. — L. C. TREVIRANUS, Ueber Dichogamie nach C. C. SPRENGEL und CH. DARWIN. I. 9. Bot. Ztg. 63. — FRITZ MÜLLER, Umwandlung von Staubgefäßen in Stengel bei *Begonia*. 149. Bot. Ztg. 70. Uebergang von Zwitterblüthigkeit in Getrenntblüthigkeit bei *Chamissoa*. 149. Triandrische Varietät eines monandrischen *Epidendrum*. 149. S. HILDEBRANDT. Bot. Ztg. 70.

Bestäubung: Narbe und Fruchtknoten.

L. C. TREVIRANUS, Amphicarpie und Geocarpie. 145. Bot. Ztg. 63. — F. HILDEBRANDT, Ueber die Bestäubungsvorrichtungen bei den Fumariaceen. Pr. Jahrb. Bd. VII. S. 423. 1869—70. — Dr. NATHAN PRINGSHEIM, Entwicklungsgechichte des Stempels, des Samenträgers und der unbefruchteten Samenknoffen von *Mercurialis annua*. 97. 113. Bot. Ztg. 51. — A. BATALIN, Beobachtungen über die Bestäubung einiger Pflanzen. 53. Bot. Ztg. 70. — F. LUDWIG, Ueber die Kleistogamie von *Collomia grandiflora*. 777. Bot. Ztg. 77.

Kreuzung.

A. BRAUN, Verjüngung in der Natur. — JOH. GRÖNLAND, Einige Worte über die Bastardbildung in der Gattung *Aegilops*. Pr. Jahrb. Bd. I. S. 514. 1858. — LOUIS VILMORIN et JOH. GRÖNLAND, *Note sur l'hybridation du genre Aegilops*. 1856. — D. A. GODRON, *De la fécondation des Aegilops par le Triticum*. Nancy 1855. — Dr. F. A. v. HARTSEN, Eine merkwürdige Hybridenbildung. 379. Bot. Ztg. 67.

Carpell, Ovulum.

PAYER, *Organogénie de la fleur*. — EICHLER, Blüthendiagramme. — C. CRÄMER, Ueber die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies etc. 24. Bot. Ztg. 68. — Dr. E. WARMING, Bemerkungen über das Eichen. 465. Bot. Ztg. 74. — J. PEVRITSCH, In Sachen der Ovulartheorie. 305. Bot. Ztg. 77. — L. CELAKOVSKY, Noch ein Wort in der Ovularfrage. 432. Bot. Ztg. 77.

Anthere, Pollen und Befruchtung.

PAYER, *Organogénie de la fleur*. Paris. — EICHLER, Blüthendiagramme. Leipzig. Engelmann. — W. HOFMEISTER, Zur Entwicklungsgechichte der Zostera. Bot. Ztg. 52. — M. MÜLLER, Umbildung von Ovarien in Staubgefäße bei *Salix*. Bot. Ztg. 68. — W. HOFMEISTER, Ueber die Entwicklung des Pollens. Bot. Ztg. 48. — Dr. R. NEUMANN, Ueber

zweigen untergetaucht leben, fluthen¹⁾), bilden die äußeren (bei den Festlandspflanzen durch Gliederung, Farbenpracht und Geruch ausgezeichneten) Hüllen nur rudimentär aus. Alle farbenprächtigen oder in der Gliederung ausgezeichneten Blüthen von Wasserpflanzen werden von dem Stammtheil der Blüthe oder der Blütenstände über den Wasserspiegel nach der Atmosphäre emporgehoben²⁾).

Die Blüthe ist ein Kurztrieb, an welchem sich die Hochblätter mehr oder weniger betheiligen. Der morphotisch herrschende Zug besteht darin, daß die Axillarsprosse der an der Blütenbildung betheiligten Blätter nicht zur Entwicklung gelangen.

Wie schon angedeutet sind die Laubblätter die vorbereitende Region für die Blüthe. Dieselben können als Hochblätter mehr oder weniger mit der Blüthe verbunden sein:

Antherae anticae und *posticae* und deren Uebergänge ineinander. Bot. Ztg. 54. — H. SCHACHT, Ueber den Bau einiger Pollenkörner. Pr. Jahrb. Bd. II. 1860. — Dr. ALEFELD, In denselben Blüten normaliter die Antheren zum Theil nach innen, zum Theil nach außen aufspringend. 339. Bot. Ztg. 62. — Dr. E. WARMING, Untersuchungen über pollenbildende Phyllome und Caulome. HANSTEIN, Bot. Abhandl. Bd. II. Heft 2. 1873. — A. ENGLER, Beiträge zur Kenntniß der Antherenbildung der Metasperme. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 275. — TH. HARTIG, Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen. Braunschweig 1842. Vieweg. — M. J. SCHLEIDEN, Historische Berichtigung zur Lehre von der Befruchtung. 73. Bot. Ztg. 45. — W. HOFMEISTER, Untersuchungen des Vorganges bei der Befruchtung der Oenothereen. 785. Bot. Ztg. 47. — AMICI, Ueber die Befruchtung der Orchideen. 364. 80. Bot. Ztg. 47. — H. v. MOHL, Der vorgebl. Sieg der SCHLEIDEN'schen Befruchtungslehre. Bot. Ztg. 55. — Graf zu SOLMS-LAUBACH, Ueber monocotyle Embryonen mit scheitelbürtigem Vegetationspunkt. Bot. Ztg. 78. — TH. DEECKE, Zur Entwicklungsgechichte des Embryo der *Pedicularis silvatica*. 657. Bot. Ztg. 55. Embryo-Entwicklung der *Stachys silvatica*. 121. Bot. Ztg. 56. — SCHACHT, Ueber den Vorgang der Befruchtung bei *Gladiolus segetum*. K. Ak. d. Wiss. Berlin 1856. — RADLKOEFER, Der Befruchtungsproceß im Pflanzenreiche und sein Verhältniß zu dem im Thierreiche. Leipzig 1857. Engelmann. — W. HOFMEISTER, Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen. Pr. Jahrb. Bd. I. S. 82. 1858. — H. SCHACHT, Ueber Pflanzenbefruchtung. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — A. BRAUN, Ueber Polyembryonie und Keimung von *Caelebogyne*. Berlin 1860. Buchdr. d. Kön. Ak. — L. LETZERIC, Ueber die Befruchtung und Entwicklungsgech. des Embryo von *Agrimonia eupatoria*. 9. Bot. Ztg. 62. — H. SCHACHT, Die Blüthe und die Befruchtung von *Santalum album*. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 1. 1865. — S. ROSANOFF, Morphologisch-embryologische Studien. Pr. Jahrb. Bd. V. S. 72. 1866–67. — Dr. ALFR. KIRCHHOFF, Zur Lehre vom Generationswechsel im Pflanzenreich und von den organologischen Analogien der phanerogamischen und kryptogamischen Blüthe. 329. 37. Bot. Ztg. 67. — FRITZ MÜLLER, Ueber Befruchtungsercheinungen bei Orchideen. 629. Bot. Ztg. 68. — Dr. E. STRASBURGER, Zur Mechanik der Befruchtung. 882. Bot. Ztg. 68. Die Entwicklung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen. HANST. Bot. Abhandl. Heft 1. 1870. Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1877. H. Dabis. Ueber Polyembryonie.

¹⁾ Ceratophyllen, Najadeen, Potameen.

²⁾ Nymphaëaceen, Nelumboneen, Sagittarieen und viele andere.

1° die Blütenhülle bleibt rudimentär oder fehlt. Die Hochblätter übernehmen die Function der Blütenhülle bei allen Gramineen, Cyperaceen, bei den Betulineen, Salicineen und vielen anderen;

2° die Blütenhüllen sind entwickelt, stellen aber in ihrem äußeren Kreis die Fortsetzung des Hochblattkreises dar. So verhalten sich z. B. die Malvaceen, Dryadeen, Rosaceen u. a. m.;

3° die Hochblätter treten zurück, die Blumenhüllen herrschen vor bei der großen Mehrzahl der Phanerogamen.

Die eingehende Vergleichung und Entwicklungsgeschichte der Blütenhülle ist Gegenstand der vergleichenden Morphologie und Systematik. Wir machen nur auf die wichtigsten Züge hier aufmerksam:

A. Stellung der Blätter in der Blüthe.

Die Blütenhülle besteht aus zwei-, drei-, vier-, fünfgliedrigen Wirteln oder aus Cyclen von zahlreichen Blättern. Es ist im Allgemeinen zwischen dem cyclischen und dem wirtelgliedrigen Bau zu unterscheiden. Eine allgemeine Beziehung zwischen der Blattstellung in der Laubregion und der Blüthe besteht nicht:

1° es können streng wirtelgliedrige Blüten auf eine cyclische Laubregion folgen, so z. B. der ganze Verwandtschaftskreis der Rosaceen, Pomaceen;

2° auf die streng wirtelig decussirte Laubregion folgt die cyclische Blüthe, z. B. Calycanthen;

3° auf die streng cyclische Laubregion folgt die ebenfalls cyclische Blüthe: Ranunculaceen, Magnoliaceen, Nymphaeaceen;

4° auf die streng wirtelige Laubregion folgt die streng wirtelgliedrige Region der Blüthe: Oleaceen, Corneen u. a. m.

Der äußere Blattkreis, Kelch, welcher durch laubige Textur und etwas gesteigerte Gefäßbündelentwicklung, gegenüber dem inneren Blütenkreis der Blumenkrone, ausgezeichnet ist, und die durch das Auftreten der prächtigen Farben und die zartere Textur und geringere Ausbildung der Gefäßbündel auffällige Blumenkrone können in der Blattstellung gleiche Anordnung zeigen, oder sie weichen von einander ab. Zu unterscheiden sind:

I. isoradiäre Blüten, Kelch und Krone erlangen in ihren Gliedern gleiche Ausdehnung und sind meist gleichzählige Wirtel. Solche Blüten können durch soviel Ebenen in zwei gleiche Hälften getheilt werden, als Blattglieder in ihnen enthalten sind;

II. ein Theil der Blüten- und Kelchblätter oder der Blütenblätter allein verwächst oder es verwachsen alle: gamopetale, gamosepale Blüten;

III. ein Theil der Blätter im Kelch oder in der Blumenkrone wird stärker entwickelt. Die Ebene, in welcher diese Förderung stattfindet, ist

die einzige Theilungsebene, welche die Blüthe symmetrisch hälftet: zygomorphe Blüthe, Orchideen, Labiatiflorae u. a. m.;

IV. ein Theil der Blüthen und Kelchblätter schlägt nach der mikroskopischen Anlegung fehl: Delphinium, Aconitum u. a. m.;

a) der Scheinkelch wird zum Theil aus dem vorhergehenden Blattkreis der Hochblätter ersetzt, z. B. Polygaleen;

b) der Kelch wird blumenkronenartig: Aconitum, Delphinium;

V. ein Theil der Blumenblätter (oder alle) gestaltet sich zu kapuzen- oder spornförmigen Gebilden: Sporn der Viola. Dadurch wird die Blüthe zygomorph. Hier betheiligen sich auch die Staubgefäße an der Spornbildung, insofern zwei dem sporntragenden Blumenblatt gegenüber stehende Staubfäden ihrerseits Sporne nach dem Blüthensporn treiben.

Die Blüthe modelt sich im mikroskopisch kleinen Zustand als convexe Zweigknospe, an welcher in rascher Succession die Blüthentheile als mikroskopische Zellenwärzchen in cyclischer oder wirteliger Folge auftreten. Die Reihenfolge an dem flacheren oder steileren Vegetationspunkt des Blüthenzweiges ist ganz allgemein:

1^o Kreis der Sepala oder Kelchblätter;

2^o Kreis der Petala oder Blumenblätter;

3^o Kreis der Antheren oder Staubblätter;

4^o Kreis der Carpelle oder Fruchtblätter.

Nun modelt sich während des Heranwachsens und der Anlegung dieser aufeinander folgenden Kreise die Blüthe in verschiedener Weise. Alle Theile sind in sicherem Sinne plastische Erhebungen an dem Kegel des Blüthenzweiges. Außer jenen obengenannten Verwachsungen von Kelch- und Blumenblättern kann der dritte Kreis der Staubblätter auf die vorhergehende Blattregion hinaufrücken (Labiatiflorae, der größte Theil der Gamopetalae).

Die Blüthenaxe modelt sich, indem die Ränder des flachen Kegels stärker wachsen, zu einer concaven Scheibe, so daß der Scheitel des Vegetationspunktes in eine Vertiefung zu liegen kommt, während Antheren und Carpelle in der Anlegung begriffen sind (dieß kann eintreten vor der Anlegung der Carpelle oder beider Blattkreise). So entsteht die hohle Blüthenaxe, die äußeren Kreise der Blüthenhüllen rücken dabei meist auf den Rand der hohlen Scheibe (sie werden mit ihrer Insertion oberständig, wie die beschreibenden Botaniker sagen), dieß gilt mehr oder minder auch für die Antheren.

Wachsen im Grund der hohlen Axe die Carpelle selbständig, ohne mit der Axe zu verschmelzen, so bilden sie hier unabhängig von den genannten Umbildungen das Gehäuse der Frucht, z. B. Calycantheen, Rosaceen, wo die aus dem Carpell entspringende Frucht ganz unabhängig von der hohlen Axe um den Vegetationspunkt entsteht.

Bei den Pomaceen, Oenothereen u. v. a. verwächst bei dem ge-

schilderten Uebergang die hohle Axe und das Carpell. Dieß ist ein Proceß der Modellirung, welcher ohne das mikroskopische Studium der Entwicklung nicht zugänglich wird (so entsteht der ächt unterständige Fruchtkörper).

Das Bestreben, die zarten Carpelle und Eispresse zu schützen durch vorbereitende Theile, also wie soeben gezeigt durch die Aushöhlung der Blütenaxe, wird bei einer Pflanzenfamilie der Cupuliferen noch in dem Sinne übertrieben, daß selbst nach der Anlegung der schon in der hohlen Axe der Blüthe eingeschlossenen, verwachsenen Carpelle die Axe, welche dem Hauptzweig des Blütenstandes entspricht, sich so modelt, daß das ganze System von mehreren Blüten nochmals eingehüllt wird in die Cupula. Diese ist bei der Eiche, Buche, Kastanie mit rudimentären Hochblättern versehen (das Tellerchen der Eiche schließt zur Zeit der Blüthe den Blütenstand vollständig ein bis auf die Narben).

B. Die sexuellen Apparate der Blüthe.

Vollständig unbedeckte Staubblätter und Fruchtblätter entstehen selten (Sauraceen, Piperaceen). Wie schon angedeutet ist mindestens ein Kreis von Blütenhüllen vorbereitend und schützend angelegt oder es treten die Hochblätter hier als Schutzhüllen stellvertretend ein, wenn die Blütenhüllen fehlen.

1. Die Antheren.

Die Staubblätter treten als kleine Blattwarzen früh in dem Vegetationspunkt der Blüthe auf. Sie modeln sich zunächst lange vor der Streckung ihres Blattfrieses zu vierfächerigen Kapselgebilden. Der Formenreichtum ist indeß hier ein sehr großer. Wählt man die gewöhnlichen androgynen Blüten als Beispiel, so erscheint hier die Anthere im Querschnitt in der Weise gegliedert, daß von der Mediane des Blattes je zwei Fächer nach links und rechts liegen. In der Mediane steht das Connectiv, in welchem das einzige Gefäßbündel endet. Frühzeitig ist das Blatt differenzirt in wenige Lagen von vegetativen Randzellen, welche sich in Dauerzellen umbilden, und die Mutter-, beziehentlich Urmutterzellen des Pollen, welche als geschlossenes Gewebe von zartwandigen plasmareichen Zellen den Raum der Pollenfächer ausfüllen.

Die Stellung der Antheren ist cyclisch oder wirtelig; auf die zuletzt eintretende Verwachsung mit den Blumenblättern bei den Gamopetalen wurde oben aufmerksam gemacht. Der Staubfaden, der Stieltheil des Blattes entwickelt sich zuletzt und hebt das zu dieser Zeit schon halb ausgereifte, mit halb oder ganz reifen Pollenzellen erfüllte Staubblatt über das Niveau des Vegetationspunktes. Die Streckung erfolgt mit der definitiven Knospenentfaltung der Blütenhülle.

Die Verwachsungen der Staubfäden an der Basis lassen sich z. Th. auf Entwicklungen gefiederter Blätter zurückführen.

Zusammengesetzte Antheren.

Anstatt einfacher Antheren treten schon im mikroskopischen Zustand gefiederte Blätter auf, welche im Beginn als kleine Blattwarzen erscheinen. Jeder Fieder wird zu einer Anthere, so bei den Tiliaceen, Hypericineen, Ficoideen.

Vor jedem Blütenblatt tritt eine Zellenwarze auf, welche sich wie ein gefiedertes Blatt verzweigt. Aus jeder Verzweigung entsteht eine zweifächerige Anthere. Auffällig ist hier eine Gabelung im Connectiv, welche die Antherenhälften von einander entfernt, z. B. bei den Malvaceen. Auch die Linden bilden solche zusammengesetzte Antheren. Bei den einheimischen werden alle Blätter in diesem Sinne in Antheren umgebildet, bei manchen amerikanischen und südeuropäischen dagegen werden die oberen Fieder zu blumenblätterartigen Gebilden. Bei *Mesembryanthemum* werden dagegen die unteren Abschnitte zu Blumenblättern.

Eine weitere Reihe von Abweichungen liegt in der vorwiegenden Entwicklung des Connectivs in die Breite. Dasselbe erhält eine abenteuerliche Kapuzenform, z. B. *Tacca* (Liliaceen).

Bei *Patamogeton* wird das Connectiv flächenartig verbreitert (als *Perianthium* fälschlich bezeichnet). Eine Gabelung des Connectivs findet sich bei *Adoxa*. Jeder Theil der Gabelung ist einfächerig. Umbildungen und Wucherungen des Connectivs finden sich bei den Labiäten und Scrophularieen. Das Filament macht im letzten Fall noch eine Drehung. Bei *Zostera* wird das Connectiv der Anthere ohne Filament zu einem breiten, die beiden Hälften trennenden Lappen.

Eine andere Reihe von Abweichungen in der Bildung der Antheren entsteht durch Fehlschlagen der einen Antherenhälfte. So wird der ganze Antherenkreis deformirt bei den Selagineen und bei *Acanthus*.

Alle die eben genannten Antheren werden in der beschreibenden Botanik zu den einfächerigen gerechnet.

Ziemlich allgemein verbreitet ist die Resorption der zwei Scheidewände im Inneren der Antheren, welche die zwei Fächer ursprünglich trennten, dadurch wird die Anthere zweifächerig. Ausnahmen von dieser verbreitetsten Erscheinung finden sich bei *Tetratheca* und einigen Aristolochieen.

Wucherungen der Antherenwand am Ende der Fächer finden sich bei *Vaccinium* und den unter dem Namen der *Bicornes* zusammengestellten Ericaceen. Am Filamente finden sich nebenblattartige Gebilde bei den Melaetomaceen.

Zur Zeit der Reife platzt die Anthere in Folge der Austrocknung und

des verschiedenen Widerstandes der Zellmembranen. Meist liegt der Riß in dem Vereinigungscanal der beiden Fächer und parallel der Längsaxe der Anthere.

In manchen Fällen löst sich die Antherenwand durch Verflüssigung: *Calla æthiopica*. Die Wand der Anthere wird namentlich in der Epidermis-schicht mannigfach verdickt (Spiralfaserzellen, Netzfaserzellen).

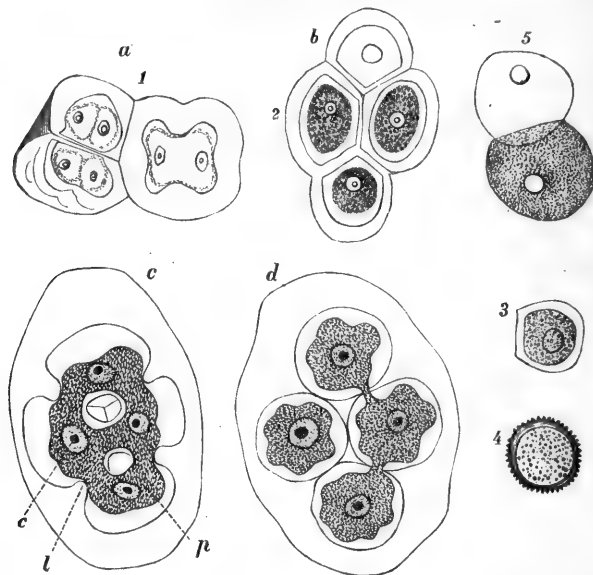


FIG. 269. *Malva rosea*. Pollenmutterzellen mit quellender Membran. a Pollenmutterzellen. b Pollenmutterzellen in vier Specialmutterzellen getheilt. c solcher Zustand isolirt. d leere Special-Mutterzellen. e reifer Pollen. Bildung der Special-Mutterzellen von *Althaea rosea*. f die Zellfloßeiten. g die Primordialzellen. h Nucleus. Pflanzenphys. Untersuch. von NÄGELI und CRAMER, 1. Heft. Zürich 1855.

Bei der Anlegung von Staubfaden und Staubblatt beugt sich der Theil, welcher die Antherenfächer entwickelt, nach unten. Bei den Eriaceen tritt diese Umwandlung der Wachstumsrichtung in verschiedenen Zeiten ein. Das Staubblatt kippt wie ein Wagebalken und beschreibt dabei eine Bahn von 180° .

Die Antheren von *Pyrola* vollziehen diese Bewegung erst beim Oeffnen der Blüthe oder nachdem die Blüthe schon geöffnet ist.

Die Theilung der Pollenmutterzelle geschieht so, daß vier Tochterzellen entstehen, Fig. 269.

Der primäre Kern löst sich vor der Theilung auf, es entstehen zwei secundäre, sodann vier tertiäre, so verhalten sich die meisten Liliaceen.

Gleichzeitige Ausbildung von vier Tochterzellen findet sich bei *Iris* und *Najas*.

Ist die Mutterzelle geschichtet, Fig. 269, so bilden die Scheidewände

eine Fortsetzung der innersten Schicht. Die Schichtung entspricht hier, wie schon früher erwähnt (Bd. I, S. 113), keineswegs einer Anlagerung von innen, sondern kann eben so gut eine Differenzirung durch Intusfuspception sein.

Eine auffällige Verdickung der Specialmutterzellhäute ist bei den Monocotyledonen nicht beobachtet.

Zuletzt bildet sich in jeder Specialmutterzelle eine Membran um den plasmatischen Zellinhalt, diese ist die Membran der künftigen Pollenzelle, Fig. 269 4.

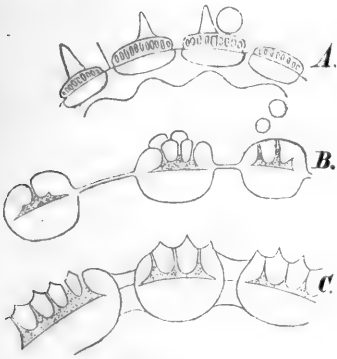


FIG. 270. SCHACHT, Ueber den Bau einiger Pollenkörner. PRINGSH. Jahrb. II. S. 109. A B C Durchschnitte der Pollenkörner von: A *Lavatera trimestris*. B *Nyctago longifolia*. C *Nyctago longifolia* in Schwefelsäure.

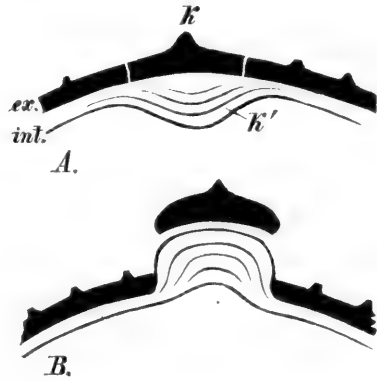


FIG. 271. *Cucurbita Pepo*. Durchschnittparthie durch das Pollenkorn. ex. Exine. int. Intine. K Deckel. K' Verdickung der Intine. In B treibt foeben die Intine, den Deckel wegschiebend, den Pollenschlauch.

Sie differenzirt sich in eine innere Cellulose- und eine äußere Cutine-schicht. Die äußere verdickt sich rasch und bildet stachelige oder warzige Vorsprünge. Bei *Maranta zebrina* quillt die Haut der Pollenzelle außerordentlich leicht in Wasser und verdünntem Glycerin.

Die Pollenkörner werden frühzeitig isolirt, noch ehe sie ausgewachsen sind.

Bei der Entwicklung des Pollen kommt die ungleiche Verdickung der in centrifugaler Richtung in die Dicke wachsenden Exine zunächst in Betracht. Zwischen Cuticula und innerer Pollenhaut befinden sich netzartige Räume, welche mit dünnen Canälen nach außen münden, z. B. *Mirabilis Jalappa* und *Mirabilis longiflora*, Fig. 270. (Um Durchschnitte durch solche Pollenkörner herzustellen, schließt man dieselben in erhärtende Gummimasse ein und führt alsdann durch diese dünne Durchschnitte, Fig. 270, 271.) *Astrapea* und *Cucurbita* zeigen Verdickungen der Innenmembran an den Stellen, an welchen der Schlauch austritt, diese werden als Reservestoff zur Schlauchbildung verbraucht.

Ziemlich häufig finden sich bei den Pollenkörnern drei Oeffnungen in der Aequatorialgegend, aus welchen die Schläuche austreten.

Die Exine bildet hervorragende Leisten und Poren, besonders lehrreich find in dieser Hinsicht die Pollenkörner der Malvaceen und Cucurbitaceen, Fig. 270, 271.

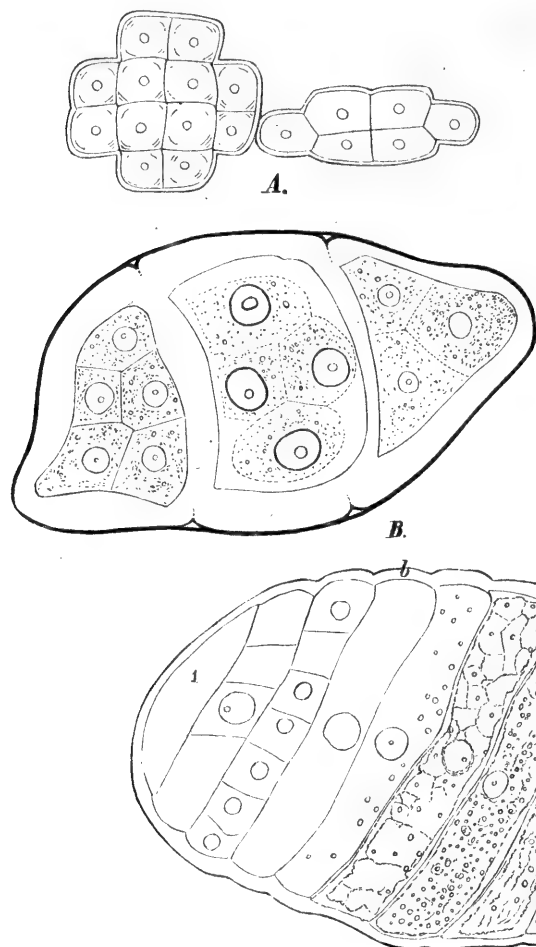


FIG. 272. A Pollen der Acacien, von der Fläche und im Durchschnitt gesehen (schematisch). Das Pollenkorn besteht aus 16 Zellen. B Massula von Phajus Wallichii während der Zelltheilung. C Asclepias syriaca. Querschnitt einer Massula. Die Pollenmutterzellen von *a* bis *b* ungetheilt, bei *i* in der Theilung begriffen.

Die Pollenzellen wachsen noch während der Ausbildung der Anthere. Im Innern des Pollenkornes sammeln sich Oel, Plasma, Stärke; im Oel die gelben rothen Pigmente. Bei violetten Pigmenten ist der Farbstoff im Wasser der Zellen gelöst.

Auffällige Abweichungen in der Pollenbildung zeigen sich darin, daß mehrere Pollenzellen vereinigt bleiben, Fig. 272.

Die Antheren der meisten Asclepiadeen enthalten

eine vielzellige Masse, welche in einer gemeinschaftlichen Exine eingeschlossen ist. In jeder Längshälfte der Anthere differenzirt sich eine ovale Zellmasse, die Urpollenmutterzellen. Die Urpollenmutterzellen bestehen aus einer einzigen Schicht langgestreckter Zellen. Ihre Theilung geht durch Scheidewände vor sich, welche senkrecht auf ihrer Längsrichtung stehen, so entstehen Specialmutterzellen, welche direct zu Pollenzellen ausgebildet werden und

in einer gemeinsamen später cuticularisirten Hülle eingeschlossen sind. An dieser *Massula* bildet sich die äußere cuticularisirte und die innere Cellulosemembran. Aber die Wände der Urmutterzellen werden nicht reforbirt, sondern bleiben stark cuticularisirt.

Die Pollenschläuche durchbrechen bei der Keimung diese äußerst kräftigen, selbst der Schwefelsäure widerstehenden Urmutterzellwände. Mehrere Pollenzellen, durch eine gemeinsame Cuticularschicht vereinigt, finden sich als Tetraden ziemlich häufig, auch kommt es vor in mehreren Fällen, daß Einzelzellen neben Tetraden an einer und derselben Pflanze entstehen. Bei *Lilium* finden sich die Einzelkörner oft durch eine Cuticula verbunden. Bei der normalen Tetradenbildung der *Acacien* finden sich 16, 32, 64 Pollenzellen in einer Cuticula vereinigt, Fig. 272 A.

Bei *Acacia suaveolens* liegen acht in einer Ebene, aber vier in zwei Lagen, an den Rändern liegen je zwei Zellen, macht zusammen sechzehn.

Bei allen Orchideen entstehen immer Tetraden mit Ausnahme von *Cephalanthera*. Die kleinen Tetraden sind bei vielen Arten zu größeren *Massulis* verbunden, z. B. bei *Orchis* selbst.

Durch Resorption der Querwände in den *Massulis*, welche die Antherenfächer bei der Anlegung ganz ausfüllen, entstehen die einzelnen Tetraden bei den sogenannten Stauborchideen, welche von den Wachsorchideen unterschieden werden. Zu den ersten gehört z. B. *Neottia ovata*, *Phajus*, Fig. 272 B, bildet den Uebergang von den Stauborchideen zu den Cereorchideen. Die Pollentetraden des *Epipogum* besitzen nur eine einfache Cellulosewand. Die Cuticula fehlt hier oder ist äußerst gering ausgebildet.

Die Bildung der Tetraden kommt noch vor bei den Juncaceen (*Luzula*), bei den Ericaceen, *Rhododendron*, *Ledum*, *Pyrola* (eine Ausnahme bildet *Pyrola secunda*), ferner bei den Vaccinieen.

Eine zweite Modification der Pollenbildung beruht darin, daß die Wand der Specialmutterzelle bald reforbirt wird, die ursprünglich tetraëdrische Pollenzelle wird zur Kugel, z. B. *Najas* *Zostera* zeigt eine auffällige Verbreiterung des jugendlichen Antherenfaches, während die Pollenzellen angelegt werden. Die Folge davon ist, daß diese zu einem gestreckten cylindrischen Schlauch ausgebildet werden, welcher nur eine äußerst geringe Cuticula besitzt. Die Pollen sind hier zu häutigen Massen geballt. Es ist in diesem Schlauchpollen eine deutliche Kreisströmung des Protoplasma zu beobachten.

Die Tetraden, welche bei der Verstäubung die Narbe erreichen, werden im Innern erweicht, und die Schläuche durchbrechen die cuticularisirte gemeinschaftliche Hülle. Die Pollenschlauchbildung geht langsam vor sich bei den Cupuliferen und Orchideen; rasch bei den Cacteen. Bei *Mirabilis* wächst der Schlauch in vier Stunden durch den 10 cm langen Griffel. Im

Griffelcanal angekommen, füllen die Schläuche in vielen Fällen denselben derart, daß sie im Querschnitt den Anschein eines engen Parenchyms gewinnen. Es ist leicht den Pollenschlauch vom Pollenkorn bis zum Eikern zu isoliren, wenn nicht das Absterben von dem hinteren nach dem vorderen Ende zu rasch erfolgt. Der Pollenschlauch findet in vielen Blüten ein Leitgewebe (thela conductrix) bis zur Mündung des Griffels in die Fruchtknotenhöhle. Wie viel Pollenkörner sind zur Befruchtung eines Eies nöthig? KÖHLREUTER stellte Versuche mit *Mirabilis* an, bei welcher die großen Pollenzellen leicht gezählt werden können. Bei dieser Pflanze kommt dem Versuch noch zu statten, daß im Fruchtknoten nur ein Ovulum angelegt ist. Er fand, daß, wenn weniger als fünf Pollenkörner auf die Narbe gelangen, das Ei nicht befruchtet wird. Der Schlauch dringt bis zum Embryosack und in vielen Fällen in das Innere desselben. Der Pollenschlauch zerstört, resorbirt die Zellen in seinem Wege. Der Embryosack seinerseits resorbirt während der Geschlechtsreife einen Theil des Eikerngewebes.

2. Carpellblätter.

Der letzte Blattkreis schließt die Entwicklung am Vegetationspunkt des Blütenzweiges ab. Die Carpellblätter entstehen im Allgemeinen als Blattwarzen, welche sich von oben gesehen zu hufeisenförmigen Wällen gestalten. Die Ränder dieser Wälle verwachsen nach dem Scheitel des Vegetationspunktes zu. Die Commiffuralkante kann bei vielen Fruchtblättern noch erkannt werden, namentlich dann, wenn die Verschmelzung mit der hohlen Axe der Blüthe nicht erfolgt.

Durch diese Schließung der Blattorgane zu Hohlräumen, in welche hinein später die Eifroße wachsen, entstehen die Ovarien (Fruchtknoten). Man unterscheidet:

a) eingliedrige, apocarpe Pistille, bei diesen schließt sich ein einziges Blatt in dem genannten Sinne;

b) polycarpe oder syncarpe Pistille, bei welchen mehrere Blätter gegenseitig in Verband treten.

Im einfachsten Falle ist ein einziges Carpellblatt bei der Bildung des Ovarium theilhaftig, Amygdaleen z. B.

Schließen sich, wenn mehrere Fruchtblätter in einem Blütenzweig zur Anlage kommen, dieselben so, daß aus je einem Fruchtblatt ein besonderer Hohlkörper entsteht, so heißt derselbe ein apocarper Fruchtknoten, die Blüthe wird alsdann zur polycarpen, als Beispiele nennen wir die Ranunculaceen. Verwachsen die im Wirtel stehenden und gleichaltrigen Fruchtblätter mit ihren Rändern, so zwar, daß nur ein einziger Hohlraum von ihnen umschlossen wird, so ist der Fruchtknoten paracarp. Die verwachsenen Ränder springen bei einigen Familien als leistenförmige Parenchymwuche-

rungen in das Innere des Hohlraumes und werden zu den Placenten. Diese platten sich gegenseitig ab, ohne zu verwachsen (bestes Object: *Monotropa*).

Die complicirteste Einrichtung entsteht, wenn die eingeschlagenen Ränder im Centrum zu einer axilen Leiste verwachsen, so daß das Gebilde aus soviel Kammern zusammengesetzt erscheint wie Fruchtblätter zusammen treten: der syncarpe Fruchtknoten. Die Ovula können aus der axilen Placenta in mehreren Reihen hervorsprossen. Bei den *Rhododendren*, *Azaleen* treten nach der besprochenen Verwachsung von fünf Carpellern die einzelnen Blattränder nochmals frei als zehn Placenten in fünf Fächern des Fruchtknotens auf. An einem und demselben Fruchtknoten können indeß beide Anordnungen herrschen, so daß derselbe oben und unten syncarp, in der Mitte aber paracarp ist. Bei den *Primulaceen*, *Utricularien*, ferner bei *Statice* und *Thesium* verwachsen mehrere Carpellblätter zu einem einfächerigen Fruchtknoten und bilden eine nahe dem Axenende des Vegetationspunktes der Blüthe entsprossende cylindrische oder keulenförmige Placenta, an welcher die Ovula entwickelt werden (s. *Gymnospermie* und *Angiospermie*, oben S. 339 ff.).

Der Fruchtknoten, das Pistill, gliedert sich in drei Theile:

- a) basilare Anschwellung,
- b) mittlere Röhre und
- c) trichter- oder keulenförmig anschwellendes Ende.

Der erste Theil ist das Ovarium, der zweite der Griffel, der dritte die Narbe (*Stigma*). Die Zahl der verbundenen Blätter kann an den Commissuren eine Zeit lang noch erkannt werden. Nach Anlegung der Narbe kann sich das Wachsthum der Axe so steigern, daß das Ovarium mehr oder weniger in das Ende der Blüthenaxe eingesenkt wird. Bei *Fragaria* entspringt der Griffel an der Basis des Fruchtknotens. Bei *Quercus Cerris* und der Mehrzahl der Eichen mit zweijähriger Samenreife sind die Ovula rudimentär bis zum Stäuben des Pollens. Erst im nächsten Jahre zur selben Zeit geht die Entwicklung weiter. Bei *Corylus* sind zur Zeit der Verstäubung die beiden Carpellblätter noch nicht zum Fruchtknoten verwachsen. Erst nach derselben schließen sie sich und legen die Ovula an. Gegen Ende Mai ist der Fruchtknoten linsengroß, jetzt erst werden die Keimbläschen angelegt. Bei den Eichen mit einjähriger Samenreife verhält sich die Sache ebenso; hier werden die Keimbläschen erst nach der Bestäubung ausgebildet.

3. Placenta und Eispross.

Die Placenten oder Träger der Ovula entstehen aus den Rändern der eingeschlagenen Fruchtblätter. Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Eisprosse. Der Eikern ist eine Zellenwarze, welche bei der großen Mehrzahl der *Phanerogamen* von einer Hülle, dem Integument, umgeben

wird. Es können zwei Integumente auftreten. Der Arillus entspricht selbst einem dritten Integument: nach der Gestalt unterscheidet man atrope oder orthotrope, hemitrope und anatrope Ovula.

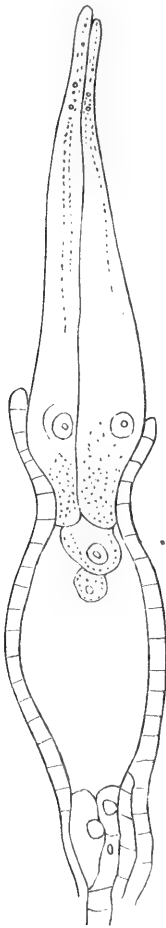


FIG. 273. *Bartonia aurea*. Der Eisproß zur Zeit der Geschlechtsreife. Aus der vorderen Mündung des Embryofackes sind zwei der Keimbläschen (die Gehilfinnen nach STRASBURGER) hervorgewachsen, jede mit einem Kern, an ihnen haften die eigentlichen später befruchteten und zu Embryoanlagen heranwachsenden Eizellen.

In allen diesen ist die Axe des Eikernes eine gerade Linie. Modelt sich das Ovulum während feines Wachstums so, daß der Eikern sich krümmt, so entstehen camptotrope oder campylotrope Ovula.

Das orthotrope oder atrope Ovulum ist ein Sproß, welcher in gerader Linie von seiner Einfügung an der Placenta aus wächst bis zur vollen Entwicklung zur Zeit der Geschlechtsreife. Alle Eisprosse waren in früher Entwicklungsphase orthotrop. Wir können daher die Wachstumsmodalitäten aller Ovula von dieser Form herleiten. Beugt sich der Eikern zu der Axe des Trägers (Funiculus) um 90° , ohne sich zu krümmen, und schließt die Entwicklung hiermit ab, so wird das Ovulum hemitrop.

Bei der Entstehung des anatrophen Ovulum muß beachtet werden, daß die Beugung, ohne daß der Eikern seine gerade Richtung verändert, bis 180° fortschreitet, daß zugleich aber der Funiculus und die Integumente sich so modeln, daß sie zuletzt verwachsen erscheinen.

Wenn nun während dieser Wachstumsvorgänge der Eikern selbst noch Krümmungen ausführt, so entstehen die campotropen und campylotropen Ovula. Krümmt sich derselbe, während die Hemitropie erreicht wird, so entsteht das campylotrope Ovulum. Modelt sich aber der Eikern während des Uebergangs nach der Anotropie krummlinig, so entsteht das camptotrope Ovulum. Die Integumente machen alle diese Umbildungen mit.

Eine centrale Zelle des Eikernes wird zum Embryofack. In einigen, aber seltenen Fällen werden mehrere Zellen des Eikernes zu Embryofäcken: *Rosa* und *Cheiranthus*. Bei *Viscum* entstehen 2—3 Embryofäcke in der Zellmasse, welche durch Verschmelzung des Eies mit dem Stammende entstanden ist.

In dem Plasma des Embryofackes findet sich im Beginn ein Zellkern, später erst treten Amylumkörnchen und Vacuolen auf.

Im Embryofack von *Merendera* und *Pothos* findet sich reichlich Amylum.

Bei *Iris* find die Stärkekörnchen in die kleineren Körner des Plasma gebettet.

Amylum findet sich reichlich in den Nachbarzellen des Eikerns. Nach der Befruchtung schwindet es durch den Verbrauch im Embryofack.

Auf dem Scheitel des Embryofackes finden sich Längs- und Querleisten von eigenthümlicher Cuticulärmasse (SCHACHT's Fadenapparat). SCHACHT betrachtet dieselben als wesentliche Theile der Keimbläschen. HOFMEISTER betrachtet sie als eine Cuticularwucherung des Embryofackes und als unwesentlich für den sexuellen Act. Vielen Monocotyledonen fehlt dieß Gebilde (z. B. allen Orchideen). Die Keimbläschen ragen bei den Monocotylen nur bei wenigen Arten über den Embryofack hervor. Sie bilden sich im Scheitel des Embryofackes als freie Tochterzellen. In manchen Fällen entstehen zwar mehrere Zellkerne, aber nur einer wird von Plasma und Zellhaut umgeben (*Agrostemma*, *Githago* u. m. a.).

Die so entstehenden Zellen sind die Eizellen. Der Grad der Ausbildung vor der Befruchtung ist sehr verschieden. Sie bleiben in der Regel primordiale Zellchen ohne feste Zellmembran mit einer centralen Vacuole. Keimbläschen mit fester Membran bilden sich bei solchen Pflanzen, bei welchen die Anlegung der Keimbläschen im Herbst stattfindet, während die Befruchtung erst im Frühjahr erfolgt. Die Bildung einer Cuticula kommt namentlich im Scheitel des Embryofackes auch bei den Dicotylen vor (analog den Makrosporen der höheren Kryptogamen).

Die Tochterzellen im entgegengesetzten Ende des Embryofackes, Gegenfüßlerzellen, erreichen oft eine enorme GröÙe, bei *Crocus* sind sie mit bloßem Auge an dem frei präparirten Embryofack sichtbar. Dieselben stehen in keinem nachweislichen Zusammenhang mit der Befruchtung.

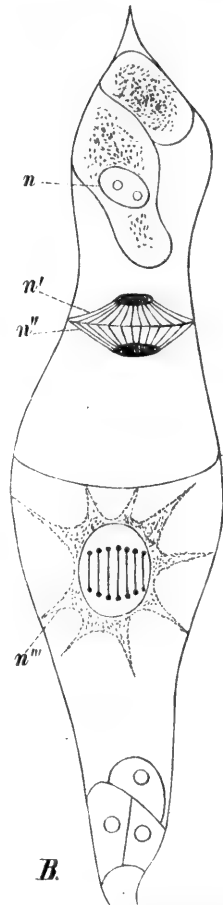


FIG. 274. *Monotropa Hypopitys*. Embryofack nach der Befruchtung. Er ist in der Mitte geteilt, bei *n'* geht soeben die Theilung der Kerne vor sich. Durch wiederholte Theilung der drei Endospermzellen, welche bis jetzt den Embryofack ausfüllen, entsteht das Endosperm. Im Scheitel, dem vorderen Ende, befinden sich die Eizellen, die Gegenfüßler in dem unteren Ende. (Nach STRASBURGER.)

Bei der Mehrzahl der Pflanzen fanden sich zwei oder drei Eizellen (f. unten unter Polyembryonie). Nur eine liegt genau im Scheitel, die zweite etwas tiefer, die obere wird niemals zum Embryo. Häufig werden vor Ankunft des Pollenschlauchs alle Eizellen bis auf die zweitoberste aufgelöst.

Die Ansammlung zunächst membranloser, kugliger, seltener wolkiger Plasmamassen macht die Bildung der Gegenfüßlerzellen kenntlich. Sie entstehen wie die Keimbläschen, aber früher im entgegengesetzten Ende des Embryosackes. Sie kommen in der Anzahl von zwei oder drei am häufigsten vor. Sie fehlen bei *Merendera*, *Zostera*, *Paris*, *Arum*, *Carex panicea* und *arenaria* und bei *Ruppia*, ferner bei *Patamogeton natans*, *Alisma*, *Zea*, *Sorghum*, *Coix*, *Scheuchzeria* und *Hemerocallis*.

§ 34. Die Befruchtung¹⁾.

Die verstäubten Pollenzellen erreichen den Narbenkörper des Fruchtknotens und keimen dort. Die Narbe ist mit Papillen versehen, welche ein Secret bilden, welches die Exine der Pollenzelle auflöst. Die Schlauchbildung erfolgt durch das Wachstum der Intine des Pollenkornes meist nach wenigen Stunden nach der künstlichen Uebertragung. Es ist indeß

¹⁾ Die Anschauung von der Geschlechtlichkeit der Blütenpflanzen brach sich Bahn im Mittelalter und kam zur vollen Anerkennung Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

SPALANZANI und BERNHARDI fanden, daß die weiblichen Hanfpflanzen zuweilen auch männliche Organe hervorbringen, namentlich nachdem sie eine Verstümmelung erfahren haben.

Bei der diclinischen Cœlebogyne, welche nur als weibliche Pflanze bekannt war, kommen die Antheren zuweilen rudimentär vor.

1757 wurde von KÆLREUTER in Leipzig der Beweis geführt durch künstliche Bestäubung von *Nicotiana rustica* mit *N. Tabaccum* und ein Bastard erzielt, welcher die Mitte hielt in den Eigenschaften der Eltern.

Bei den niederen Pflanzen wurde aus der Analogie auf die Sexualität geschlossen, nur THURET's Versuch mit den Spermatozoiden einer *Fucus*art und den Eizellen einer anderen kann als ein direct beweisender angesehen werden.

Von der Cœlebogyne waren, wie schon angegeben, lange Zeit weibliche Pflanzen allein bekannt. Im Kewgarden brachten diese ohne Befruchtung keimfähige Samen hervor. Neuerdings sind aber, wiewohl sehr selten, Antheren gefunden worden. Cœlebogyne ist polyembryon. Die Keimlinge entstehen aber zum Theil als Adventivsprosse des Eikernscheitels. KARSTEN fand bei Cœlebogyne die ersten Antheren, METTENIUS 1864 die zweite (einzige), DAKE fand Pollenschläuche am Embryosack.

Der experimentelle Beweis für die Nothwendigkeit der sexuellen Befruchtung zur Embryobildung wurde an diöcischen Pflanzen versucht.

auch möglich auf zähfschleimigen Flüssigkeiten die Keimung der Pollenzellen zu erzielen. Als solche empfehlen sich Gummischleim mit etwas Zucker und Pflanzenschleime im Allgemeinen.

Der Pollenschlauch dringt zwischen die Cuticula und die Zellhautschicht des Embryosackscheitels ein. Erstere wird abgehoben, die Cuticularstreifen haften am Schlauchende. Wesentliche Bedingungen für die Befruchtung sind:

- 1^o Berührung des Embryosackscheitels;
- 2^o Herabwachsen bis zur Grenze der Cuticula des Fadenapparates (SCHACHT) des Scheitels;
- 3^o Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Keimbläschen. Ein Uebertritt geformter Massen ist nicht beobachtet. Häufig berührt das Schlauchende gar nicht das zu befruchtende Keimbläschen. Bei *Ceratophyllum* berührt der Schlauch das obere Keimbläschen, das untere aber ist gleichwohl das später befruchtete. Richtiger dürfte hier die Anschauung sein, daß der Schlauch den ganzen Embryosack befruchtend anregt.

CAMERARIUS benutzte den Hanf. Er hielt es für gleichgültig, ob der gleichartige oder ganz fremde Pollen wirke. LINNÉ fand bei Cucurbitaceen, was mit den jetzigen Resultaten übereinstimmt. SPALANZANI erhielt entgegengesetzte Resultate wie LINNÉ. Seine Versuchspflanzen *Cannabis* und *Mercurialis* ergaben auch an solchen weiblichen Pflanzen Samen, von welchen die männlichen Pflanzen entfernt gehalten wurden. Er brachte dieß in Uebereinstimmung mit dem, was jetzt die Parthenogenese genannt wird.

AUTENRIETH (1828) fand, daß die weiblichen Pflanzen des Hanfes zuweilen männliche Blüten anlegen, zumal bei starker Verstümmelung. Umgekehrt finden sich bei männlichen Pflanzen zuweilen weibliche Blüten.

I. Kreuzung.

Die Kreuzung der Pflanzenarten ist möglich dadurch, daß der Pollen einer Blume derselben Art oder derselben Blüte mit der Narbe einer anderen Blume zusammenkommt, gleichgültig ob die Blumen Zwitter sind oder nicht. Man hat gefunden, daß im Allgemeinen Selbstbefruchtung schädlich ist, während die Kreuzung im Allgemeinen im Kampf um's Dasein der Art nützlich ist.

Bastarde zwischen zwei Arten sind in höherem Grade variabel, daher ist die Bastardierung ein Mittel für die künstliche Zuchtwahl, um neue Varietäten zu erzeugen.

Bei der Wechselbefruchtung kommen nun ohne Zweifel ebenfalls zwei verschiedene Individuen (wenn auch gleicher Art) mit verschiedenen inneren Eigenschaften in Austausch, daher ist die Wechselbefruchtung gleicher Arten als eine Kreuzung äußerlich ähnlicher Stammformen anzusehen und die Neigung zum Variiren wird dadurch bei derselben Art vergrößert. Concurriren Pollen verschiedener Arten auf der Narbe einer gegebenen Blüte, so trägt der eigene den Sieg davon.

Anders liegt dieß bei solchen Pflanzen, deren Verwandtschaft entfernter ist als die Artendifferenz, z. B. *Viola tricolor*, die wilde Form, mit dem Pollen ihrer Gartenvarietäten. Hier ist oft der fremde Pollen der siegreiche.

Man unterscheidet nach dem Grade der Verwandtschaft: Varietätenbastarde, Speciesbastarde, Gattungsbastarde.

Ein Pollenschlauch genügt, um einen Embryosack zu befruchten. Bei *Litrus*, *Hemerocallis*, *Funkia* werden mehrere Keimanlagen mit einem einzigen Pollenschlauch gebildet.

Der Pollenschlauch braucht im Allgemeinen kürzere Zeit bei langem Staubweg, bis er die Mikropyle erreicht. Er wird oft schon in der Anthere ausgebildet, z. B. bei den Orchideen und den Zwergblüthen der *Viola odorata*. Verästelungen des Pollenschlauches sind bei den Monocotyledonen feltener als bei Dicotyledonen, sie kommen vor bei *Crocus*, *Hippeastrum* und *Funkia coerulea*. Das Hinterende des Schlauches stirbt schon ab, ehe die Spitze das Ei erreicht. Das vordere Schlauchende ist plasmareich.

Das Parenchym des Eikerns über dem Keimbläschen wird durchbohrt, häufig wachsen mehrere Schläuche zwischen dem Integument und dem Parenchym, bis sie den Embryosack treffen. Die Einstülpung des Schlauchs in den Embryosacksheitel ist häufig zu beobachten, am besten bei *Canna* (HOFMEISTER). Durchbrechungen des Embryosackes gehören zu den abnormen Vorkommnissen.

Bastarde sind bei Kryptogamen bekannt bei *Fucus vesiculosus* mit *Fucus serratus* (THURET), bei *Physcomitrium* mit *Funaria* (BRAUN), bei *Gymnogramme* unter sich.

Nach NÄGELI (Sitzungsbericht der k. bairisch. Akad. der Wissenschaften 1865, 1866) ist die Bastardbildung nur möglich zwischen nahe verwandten Formen, am leichtesten bei Varietäten und Species oder bei den Species nahverwandter Gattungen. Vielleicht dürfte gerade diese Leichtigkeit der Bastardbildung ein Criterium für die Unterbringung der Species in die Gattung sein. Verschiedene Familien sind verschieden leicht zur Bastardbildung geneigt.

Zwei Reihen von Thatfachen ergeben sich aus den vorhandenen Kreuzungsversuchen.

Wenn eigener und fremder Pollen concurriren, so entsteht kein Bastard. Der fremde Pollen wird überflügelt.

Der Pollen der eigenen Blüthe befruchtet das Ovulum nicht, so lange er allein zur Wirkung kommt, es muß der Pollen anderer Blüthen oder anderer Individuen derselben Art mitwirken. Zur Vermeidung der Selbstbefruchtung bilden zahlreiche Pflanzen dimorphe Blüthen, solche dimorphe Blüthen finden sich bei den Primulaceen, Lineen, Liliaceen. Bei den Primulaceen ist eine Form die langgrifflige, die andere die kurzgrifflige. Die Fruchtbarkeit wird erhöht, wenn der Pollen der einen auf die Narbe der andern (und umgekehrt) gelangt. Hier sind auch die mechanischen Schwierigkeiten für die Selbstbefruchtung sehr groß. Bei den Kurzgrifflern sitzen die Fruchtknoten tief im Grunde, ihre Narbe ist in der Blumenröhre eingeschlossen. Die Antheren sitzen auf dem oberen Rande der Blume. Bei den Langgrifflern ist das Verhältniß umgekehrt, die Narben ragen an sehr langem Griffel über die Mündung der Blumenröhre, dagegen sitzen die Antheren tief im Grunde derselben.

Die nach der Kreuzung entstehenden Individuen sind wieder gemischte Langgriffler und Kurzgriffler.

Die Möglichkeit der Kreuzung erstreckt sich wohl auf verschiedene Gattungen, aber nur selten auf verschiedene Familien unter einander.

Wählt man von einer zwittrblüthigen Art, *a*, den Vater, von der nächstverwand-

Das eine entwicklungsfähige Keimbläschen ist stets das dem Mikropylende entferntere. Bei flachem Embryoscheitel liegt es oft genau im Scheitel, z. B. *Colchicum*. Wenn, wie selten der Fall, beide Bläschen zur Entwicklung kommen, so eilt doch das tiefer gelegene dem scheitelständigen voraus. HOFMEISTER denkt sich als Ursache hierfür die größere Nähe an dem Reservoir des Embryosackes, durch welche die Nahrungszufuhr erleichtert ist. Allmählig werden die Zellhäute der Keimbläschen, sowohl des sich entwickelnden als auch des fehlschlagenden, fester (bestes Studienobject ist *Nonnea violacea*). Im ersteren verschwindet die centrale Vacuole, feinkörniges Plasma füllt den ganzen Raum aus. Der primäre Kern verschwindet auch bei den letzteren. Ein neuer Kern erscheint in der Masse des ersten Keimbläschens.

Eine Querscheidewand, welche dem unteren Ende etwas näher ist, theilt die befruchtete Eizelle in zwei Theile. Die obere ist oft kernlos. Die untere enthält den secundären Kern. Zuweilen besitzen beide Zellen Kerne. Der Bildung der zwei Zellen aus dem Keimbläschen geht in jedem Fall die sphärische Abrundung zweier Protoplasamaffen voraus, auf welche sodann die Wandbildung folgt.

ten Art, *b*, die Mutter, so ist die entstehende Bastardform eine Mittelform zwischen beiden. Gleichgültig dabei ist, ob *a* als Mutter, *b* als Vater gewählt wird. Die Kinder sind vollkommen gleich, wie auch die Wahl gewesen sein möge.

Abweichend von den Thieren, deren Bastarde meist unfruchtbar sind, verhalten sich die Pflanzenbastarde, was die Fruchtbarkeit angeht, wie die Stammformen.

Ist die Fruchtbarkeit beschränkt, so beruht dieß nur auf einer gelegentlichen abnormen Ausbildung des Pollens.

KELREUTER'S Versuch: Ein Bastard von *Nicotiana rustica* und *Tabaccum*, welcher eine Mittelform der beiden Arten darstellt, wird mit dem Pollen von *N. Tabaccum* befruchtet. Die entstehenden abgeleiteten Bastarde wurden nochmals mit demselben Pollen belegt. Nachdem dieß dreimal wiederholt war, waren die letzten Blendlinge dem ursprünglichen *N. Tabaccum* wieder ähnlich.

Auffällige Bastarde in der freien Natur sind durch WIMMER und WICHURA bei den Weiden bekannt. Häufig sind Bastarde bei den Compositen, so namentlich bei den *Cirsium*arten.

Es besteht eine Art sexuelle Affinität, welche sich in der leichten Bastardirung zwischen zwei Pflanzen kenntlich macht.

Dieselbe geht nicht parallel der morphologischen Aehnlichkeit, was schon daraus hervorgeht, daß Bastardirung nicht gelungen ist zwischen Apfel und Birne, *Anagallis caerulea* und *Anagallis arvensis*, *Primula officinalis* und *Primula elatior*, *Nigella damascena* und *Nigella sativa*, während sie gelingt zwischen *Lychnis diurna* und *Lychnis flos cuculi*, *Aegilops ovata* und *Triticum vulgare*, Pfirsich und Mandel.

Weiter sind ganz unfruchtbar die Varietäten derselben Art, so z. B. *Silene inflata*, var. *alpina* mit var. *angustifolia*, var. *latifolia* mit var. *litoralis*.

Die sexuelle Reciprocität, die Fähigkeit zweier Pflanzen, als Vater und Mutter wirken zu können, so daß die Pflanze *A* als Vater und die Pflanze *B* als Mutter, aber auch

Die Zeitdauer zwischen der Ankunft des Schlauchendes und der ersten Theilung ist verschieden, sie ist sehr kurz bei größeren Blüten: bei *Najas* werden 12—24 Stunden, bei *Orchis* 48 Stunden, bei *Crocus* 80—92 Stunden, bei *Arum* 8—10 Tage, bei *Leucojum* 5—17 Tage, bei *Merendera* 12—20 Tage erfordert (nach HOFMEISTER, Beiträge zur Embryobildung).

Häufig drängt sich das Schlauchende zwischen den Fadenapparat und die Zellhaut des Embryosackscheitels und haftet an ersterem fest, so daß derselbe beim Abreißen theilweise am Schlauchende hängen bleibt.

Die Membran des Schlauchendes ist oft verdickt und geschichtet. Ein Tüpfel findet sich bei *Crocus* am Ende des Schlauches.

Wirkliche Oeffnungen sind nirgends beobachtet. Das Eintreffen mehrerer Schläuche in der Mikropyle kommt selten vor, z. B. bei *Pothos* und *Hyacinthus*.

Der Fruchtknoten schwillt schon, ehe das Schlauchende die Mikropyle erreicht, z. B. bei *Gagea* und *Lilium*. Im Allgemeinen wachsen die Integumente vorzugsweise rasch, so daß das Ei den Raum, welchen diese umgeben, bald nicht mehr ganz ausfüllt, z. B. *Pothos*. Das Ei wächst später nach und füllt die Höhlung der Integumente ganz aus. Durch dieses Wachstum wird oft die Membran des noch aufliegenden Schlauches gesprengt.

die Pflanze *B* als Vater und Pflanze *A* als Mutter auftreten, ist gewöhnlich, doch kommt ausnahmsweise der Fall vor, daß *A* nur als Vater und *B* nur als Mutter wirken kann. So zeigte sich *Fucus serratus* als Mutter, *Fucus vesiculosus* als Vater unfruchtbar; *Fucus serratus* als Vater, *Fucus vesiculosus* als Mutter dagegen fruchtbar. Ähnliches zeigte sich bei *Nicotiana*-arten und bei *Mirabilis*.

Die sexuelle Affinität zeigt sich in allen Stufen. Das eine Extrem besteht darin, daß der Pollen gar nicht wirkt, das andere darin, daß zahlreiche Samen entstehen.

Dazwischen kommt es vor, daß die Ovula und Fruchtknoten wachsen, wie nach der normalen Befruchtung, ohne daß Keimlinge gebildet werden, oder es werden selbst Keimlinge gebildet, welche aber nicht keimfähig sind.

Die sexuelle Affinität hat ein Maximum zwischen Pflanzen gleicher Species (Wechselfruchtbarkeit), kommen nun eigener und fremder Pollen gleichzeitig auf eine Narbe, so wirkt nur der eigene (von einem anderen Individuum stammende). Kommt aber der eigene später, so bleibt er dem früher angekommenen der fremden Art gegenüber unwirksam.

Die Bastardirung kann dann durch den eigenen Pollen nicht mehr verhindert werden. Dieß wurde beobachtet bei *Nicotiana* nach 2 Stunden, bei *Malva* und *Hiliscus* nach 3 Stunden, bei *Dianthus* nach 5—6 Stunden.

Bastarde halten in der Regel die Mitte zwischen den Eltern, seltener ist der Bastard einem der Eltern ähnlicher. Reciproke Bastarde müssen also äußerlich gleich sein, $AB = BA$, sie zeigen aber innere Verschiedenheiten, die durch größere Fruchtbarkeit und Variabilität des einen kenntlich werden.

Nicotiana paniculata (Vater) mit *rustica* (Mutter) ist fruchtbarer als *Nicotiana rustica* (Vater) mit *paniculata* (Mutter).

Digitalis purpureo-luteus ist variabler als *Digitalis luteo-purpureus*. Wenn eine Elternart größeren Einfluß auf den Bastard hat, so kann dieser wieder nach mehreren Genera-

Auch der Embryosack wächst und resorbiert das seitliche Parenchym des Eikerns.

Das scheitelftändige Gewebe derselben widersteht der Resorption länger.

Alles Parenchym des Eikerns verschwindet zuletzt bei der Mehrzahl der Monocotylen.

Eine Ausnahme machen die Cannaceen und Mufaceen, wo das Perisperm die Stelle des Endosperm vertritt.

Bei den Monocotylen kommen Samen, welche zu gleicher Zeit Endosperm und Perisperm ausgebildet haben, nur selten vor.

Bei der Ausbildung der Keimbläschen zum Embryo geht häufig der Theilung eine Größenzunahme voraus. Die untere Zelle bildet dann nur eine kleine Protuberanz, aus welcher der Embryo gebildet wird, an der kuglig angeschwollenen Trägerzelle, f. z. B. *Ruppia*, *Zostera*, *Alisma*, *Triglochin*, *Tulipeen*, *Gagea*, *Erythronium*. Nach der Theilung haftet das Keimbläschen mehr oder weniger fest am Embryosackscheitel. Der Vorkeim oder Embryoträger ist einzellig bei *Arum*, *Ruppia*, *Zostera*, mehrzellig bei *Alisma*, bei *Crocus* kurz und fädlich; flächenartig durch Längstheilung der

tionen wiederholter Einwirkung in diese Elternart zurückschlagen, z. B. *Dianthus chinensis* und *caryophyllus*. Wird der Bastard mit *D. caryophyllus* als Vater 3—4 mal belegt, so kommt eine Form zum Vorschein, welche nicht mehr von dem gewählten Vater abweicht.

Die Durchdringung der elterlichen Eigenschaften ist bei den Speciesbastarden entschieden als bei den Varietätsbastarden. Dieß zeigte sich bei *Cytisus laburnum* und *Cytisus purpureus* und bei den Cucumisarten.

Außer den elterlichen Eigenschaften haben die Bastarde auch noch neue, dahin gehört vor allen die Eigenschaft des Varietätsbastards, stärker zu variiren. Speciesbastarde sind meist geschlechtlich geschwächt. Die von nahverwandten Formen herrührenden sind meist üppiger in Blatt und Blüthe, blühen früher und länger als die Stammformen. Die männlichen Organe sind beim Speciesbastard in höherem Grade geschwächt.

Bastarde variiren in der ersten Generation um so weniger, je entfernter die Eltern unter einander verwandt sind. Speciesbastarde zeigen dieß weniger als Varietätsbastarde. Bastarde, die sich selbst befruchten, variiren in späteren Generationen um so mehr, je geringer die Variabilität anfangs war.

Drei Varietäten treten um so sicherer auf, je weiter die Stammformen von einander in der Verwandtschaft entfernt sind. Zwei davon entsprechen den Stammformen und eine entspricht der selbstbefruchteten Varietät. Rückschlag findet in Folge von Inzucht um so mehr statt, je näher die Stammformen verwandt waren.

Unter dem abgeleiteten Bastard versteht man den Bastard zwischen dem gegebenen Bastard und einer seiner Stammformen oder einem zweiten aus den Stammformen hervorgegangenen Blendling. Fortgesetzte Kreuzung eines Bastardes mit einer Stammform bringt jenen wieder zu dieser zurück. Dieß geschieht verschieden schnell, je nachdem man Vater oder Mutter wählt. Je mehr sich so der Bastard der Stammform nähert, um so mehr wächst seine Fruchtbarkeit.

Querzellen bei *Canna*, *Pothos*, *Symplocarpus*, *Scheuchzeria*, *Crinum*, *Crocus*, ferner bei *Triticum*, *Hordeum*.

In keinem Falle geht die ganze Masse des Keimbläschens in die Embryoanlage ein. Ueberall tritt zunächst eine Verlängerung parallel der Axe des Eifroßes ein. Das Hinterende theilt sich. Es entsteht so der Embryoträger (Vorkeim nach HOFMEISTER). Der Embryo entsteht aus der vorderen Zelle des Keimträgers. Der Keimträger wird oft zum langen Schlauch. Dieser Schlauch hat Veranlassung zu der SCHLEIDEN'schen Auffassung über die Befruchtung gegeben, nach welcher der Pollenschlauch in den Embryosack eindringt und seine Endigung zur Keimkugel umbildet (DAKE's Präparat). — *Tulipa*, *Fritillaria* und viele Papilionaceen haben massige Vorkeime. Die Zellen sind nach allen drei Richtungen des Raumes theilungsfähig. Vorkeimverzweigungen finden sich als gelappte Vorkeime bei *Ribes*. *Tropæolum* bietet den Fall höchster Vorkeimverzweigung. — Die Verzweigungen durchbrechen die Integumente. Ein solcher Zweig vermag

Wird ein Bastard mit Stammformen oder einem anderen Bastard vereinigt, so können in dem derivirten die Eigenschaften von zwei, drei, vier bis sechs Species gemischt sein.

II. Rückwirkung auf bereits angelegte Theile.

Bei der Mischung einer Bohnenart mit einfarbiger Samenschale mit einer anderen von andersfarbiger entstehen Samen mit geflecktem Integument. Das Integument der Bohne ist der Anlage nach vorhanden lange bevor der geschlechtliche Act eintritt. Kommen nun Spielarten mit verschiedenfarbiger Samenschale zur Kreuzung, so zeigt der Bastard in der Farbe seines Integuments (Samenschale) die Farben der beiden Stammeltern (f. auch HOFFMANN, Bot. Ztg. 1877).

III. Pfropfhybride.

Bei der Vereinigung vegetativer Knospenanlagen durch Pfropfen und Oculiren wird eine ähnliche Mischbildung erzielt, wie bei der Bastardbildung durch wechselseitige Befruchtung. Wird z. B. *Cytisus purpureus* auf *Cytisus laburnum* gepfropft, so zeigt das entstehende Reis eine auffallende Mischung derart, daß in einer Blüthentraube Blüthen von *Cytisus purpureus* und Blüthen von *Cytisus laburnum* vorkommen. Ferner entstehen Blüthen, in welchen die Farben beider vereint sind, und Trauben, welche nur *C. laburnum*, und endlich andere Trauben, welche nur dem *C. purpureus* entsprechen. Ebenso zeigt die Copulation verschiedener Reben Trauben mit gemischtfarbigem Beeren.

IV. Insectenhilfe bei der Befruchtung.

Nachdem SPRENGEL seine ersten Untersuchungen über die Nothwendigkeit des Insectenbesuches veröffentlicht hatte, vergingen beinahe 50 Jahre, ehe DARWIN in seinem ersten Buch die Gesetze der Generation aus solchen Beobachtungen ableitete.

Die Pflanze ist bestrebt die Selbstbefruchtung zu vermeiden, sie erreicht dieß:

1° durch die Diclinie, z. B. Cupuliferen, Salicineen, Acerineen;

2° durch die Protogynie: die weiblichen Blüthentheile sind früher geschlechtsreif als die männlichen, z. B. *Corylus*. Die Unfruchtbarkeit der amerikanischen Ahorne, Um-

den ganzen Samen zu umfchlingen. In den meisten Fällen ist das nächste unter den scheitelständigen Keimbläschen das entwicklungsfähige, die Gegenfüßlerzellen und übrigen Keimbläschen gehen zu Grunde.

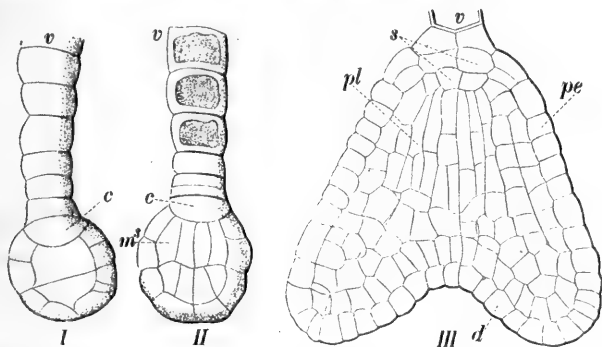


FIG. 275. Entwicklung des Keimlings von *Capsella bursa pastoris*. (HANSTEIN, Botan. Abb. I. Heft 1870.) *v* der Vorkeim, *c* Anschluß der Hypophysenzelle, *s* die aus der Hypophysenzelle *c* hervorgegangenen Schlußzellen des Perilems, *pe* Perilem, *pl* das Plerom. In I ist die Keimkugel im Innern noch im Zustande von vier Zellen etwa, diese theilen sich nach dem Zustand II, in III sind die beiden Keimblätter bereits angelegt, eine mit *d* bezeichnet (vergl. Fig. 276 D).

Eine genauere Entwicklungsgegeschichte des Keimlings in den weiteren Keimphasen verdanken wir HANSTEIN. Wählen wir den Keim der *Capsella*, Fig. 275, so bildet sich aus der Endzelle des Vorkeims *V* in I der genannten Figur zunächst durch Quadrantentheilung das Keimkugeln mit

belliferen, Geranien beruht darin, daß die Wechselbefruchtung bei uns unmöglich ist, weil die Insecten fehlen;

3° durch die Protandrie: die Männchen sind früher geschlechtsreif, z. B. Scrophularien, Solaneen;

4° durch adaptive Einrichtungen in der Blüthe, welche das Anfliegen des eigenen Pollens erschweren oder ganz unmöglich machen, wenn die Insectenhilfe fehlt.

Ficus wird durch Gallwespen befruchtet, welche sich im Conceptaculum fangen.

Neben der Autogamie, Selbstbestäubung, ist die Allogamie, die Wechsel- oder Fremdbestäubung durch Wind und Insecten, in's Auge zu fassen.

Hier ist zu unterscheiden:

a) die Befruchtung zwischen den Blüthen einer und derselben Pflanze;

b) die Wechselbefruchtung zwischen den Blüthen verschiedener Individuen.

Die Fremdbefruchtung ist bei einer und derselben Species wirklicher als die Selbstbefruchtung. Bei *Carica Papaya* liefern die diöcischen Blüthen eßbare, die seltenen Zwitterblüthen ungenießbare Früchte.

Die Selbstbefruchtung tritt erst bei ausbleibendem Insectenbesuch ein, z. B. bei *Stellaria graminea*, *Rhinanthus major*, *Malva rotundifolia*, diese Arten biegen ihre Narben abwärts zum Pollen, oder *Myosotis*, *Lithospermum*, *Cruciferen*, diese biegen die Antheren über die Narben. Bei *Melampyrum pratense* senken sich die Narben zur Falllinie des Pollens. Bei den Urticeen und Moreen wird der Pollen durch die Schnellkraft der Filamente zerstreut. Bei *Syringa* und *Simphoricarpus* wird der Rüssel oder Kopf des Insectes durch Honig klebrig gemacht. Bei *Vinca Polygala* wird der Kopf oder Rüssel des besuchenden Insectes von dem Narbensecret klebrig. *Bryonia*, *Marrubium* machen den

der Anschlußzelle *c* an die Vorkeimzellen. Sodann theilen sich die Randzellen, welche später in die Mutterzellen des Dermatogens übergehen.

An dem Keimling modelt sich während der Theilung und des Wachstums und während derselbe noch mit dem Vorkeim *v*, Fig. 275, in Ver-

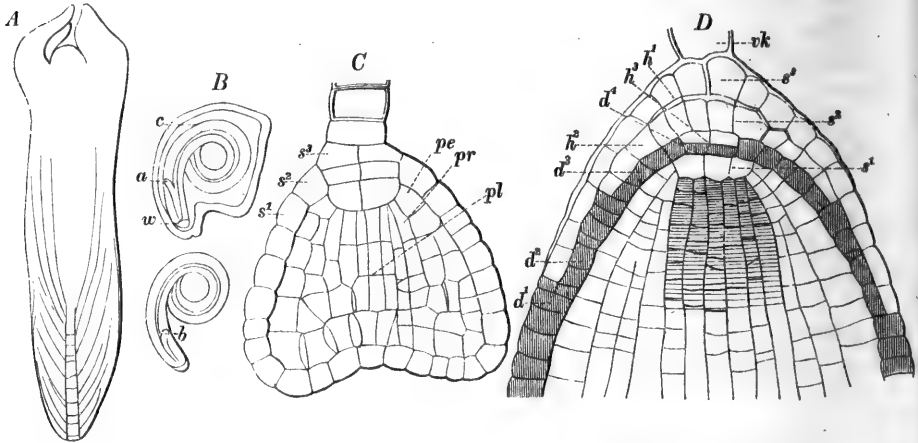


Fig. 276. *A* der Keimling von *Pinus Laricio*, in dem oberen Ende die Keimknospe und mehrere Cotyledonen, das untere Wurzelende zeigt einen centralen Strang von Zellen, um welche die Zellenfalten geordnet sind ähnlich wie die Wurzelhaubenzellen; diese Convolute schüßern sich bei der Keimung sämmtlich ab. *B* Same mit den austretenden Wurzelenden von *Allium Cepa* (nach SACUS). Das Blatt bleibt eine Zeit lang eingehüllt im Endosperm stecken. *C D* Entwicklungsstadium des Dicotylenkeimes (nach HANSTEIN). Bei *C* und *D* die Endzellen des Vorkeims, an diese schließen sich an: *s¹* die Anfangszellen der Wurzelhaube, *s²* die Schlußzellengruppe des Dermatogens, *x¹* die Schlußzellengruppe des Periblems. *b* sind in *D* die Wurzelhaubenzellen, *d* das Dermatogen und seine Vermehrungszellen.

bindung ist, das Wurzelende, welches zunächst ohne eine anatomische Differenzirung in die Keimaxe übergeht. An dieser treten früher oder später die beiden Cotyledonen (vergl. Fig. 275 *I II III*, Fig. 276 *C D*) auf. Parallel mit dieser Entwicklung laufen die nachfolgend zu betrachtenden Vorgänge im Embryosack und Fruchtknoten.

Kopf und den Rüssel des besuchenden Insectes durch das Pollensecret klebrig. Bei *Asclepias* bleiben die Pollenmassulae mit einem Klebekörper an den Krallen der Insecten haften. Auffallend gefaltete, gefärbte oder riechende Blumen sind an Insecten oder selbst kleine Vögel (*Colibris*) angepaßt.

Die durch Wind bestäubten Blüten haben nicht jene auffallenden Eigenschaften.

Bei *Melandrium* wird durch Fremdbefruchtung die *Diclinie* herbeigeführt. Die Antheren schlagen fehl. Befällt eine *Ustilago antherarum* eine solche Blüthe, so werden die sonst fehlschlagenden Antheren zur normalen Ausbildung angeregt.

Die Compositen haben ihre Blüten in verschiedener Weise angepaßt:

- a*) die Farbe der Randblüthen dient der Anlockung der Insecten;
- b*) die Randblüthe dient als Ruhepunkt, Anflugsstätte für das Insect;
- c*) die Randblüthe dient als Schutz gegen Regen, wenn sie sich umlegt und die Scheibenblüthen bedeckt, bei *Calendula*.

Der Antherenring wird durch den Besuch der Insecten gereizt und zurückgeschoben,

A. Nebenwirkung der Befruchtung.

1. Endospermibildung.

Die Zellen des Endosperm entstehen aus dem Protoplasma des Embryofackes.

Zuerst entstehen die Kerne in der Wandseicht des Embryofackes, um die Kerne bilden sich zarte Plasmazellen, welche bald die ganze Wand belegen.

Treten die Zellkerne im Wandbeleg in einiger Entfernung von einander auf, so daß die Zellen sich nicht berühren, so werden dieselben kuglig, trennen sich vom Wandbeleg, schwimmen in's Innere des Embryofackes. Der Vorgang der Zellbildung wiederholt sich. Allmählig wird der ganze Embryofack mit einem Brei von Zellen angefüllt, welche sich endlich zu einem geschlossenen Gewebe verbinden.

Bei den Aroideen findet nur eine einseitige Bildung von Endosperm im Embryofack statt. Das untere Ende bleibt frei und leer. In allen Fällen ist die Endospermibildung beendet, ehe noch der Embryo gereift ist. Häufig greift derselbe das Endosperm wieder an. Bei mehreren endospermlosen Samen unterblieb jedoch die Bildung des geschlossenen Endospermgewebes.

Die Endospermibildung beginnt mit dem Verschwinden des primären Embryofackzellkerns. Dieselbe kann bei den Dicotylen durch Theilung des Embryofackes und durch freie Zellbildung vor sich gehen. Die erste Weise kommt den Perfonaten, Scrophulariaceen und ihren Verwandten zu.

die auf der Innenfläche conceptionsfähigen Narben werden dadurch frei und durch einen zweiten Insectenbefuch befruchtet, bei den Cynareen.

Bei vollkommenen Insectenblüthen ist Selbstbefruchtung meist unmöglich, z. B. *Corydalis*, *Elsholzia*, *Viola*, *Reseda odorata*, *Digitalis purpurea*, *Mimulus*, oder selbst schädlich, z. B. *Oncidium*, *Notylia*, *Gomezia*, *Burlingtonia*.

Die diclinen Phanerogamen von niederer Organisation besitzen Windblüthen, die höheren Zwitterblüthen mit Selbstbefruchtung. Die höchste Organisation aber liegt in den Insectenblüthen.

Durch regelmäßige Fremdbefruchtung kommt es zum Rückschlag in die Diclinie, z. B. *Asparagus*, *Ribes alpinum*, *Gnaphalium dioicum*, *Rhus cotinus*, *Melandrium*.

Zygomorphe Blüthen sind in der Unterlippe als Anflugsort angepaßt, die Oberlippe dient zum Schutz des Pollens (Regendach), z. B. Orchideen, Labiaten. Bei den Papilionaceen bewirkt die Biene auf der Anflugsfläche das Herauschnellen der Flügel und Antheren. Hier finden sich z. Th. complicirtere mechanische Einrichtungen.

Lathyrus, *Vicia*, *Pisum*, *Phaseolus* besitzen Fegchaare am Griffel, durch welche der Pollen von dem besuchenden Insect oder von den Antheren abgestreift wird. Windpollen ist meist leicht, glatt, lose, Insectenpollen ist schwer, gehäuft oder klebrig oder stachelig.

Die Eriaceen und Scrophulariaceen besitzen ihre Bestreuungsanordnung darin, daß die Anthere um 180° gedreht wird. Die Selbstbefruchtung wird aber immerhin durch einen durch das Insect verursachten Anstoß bewirkt.

Auch bei den Loranthaceen *Viscum*, *Loranthus* herrscht die Endosperm-bildung durch Theilung. Die äußerste Basis des Embryosackes nimmt in der Regel nicht Theil an der Endosperm-bildung.

Bei den Gramineen entsteht das Endosperm durch freie Zellbildung, in einer einzigen Lage häufen sich die Zellchen an der Wand des Embryosackes. Selten ist der Fall, daß mehrere Schichten von Endospermzellen sich dort auflagern, *Cocos* z. B. — Bei *Nuphar* schließt sich der Embryosack durch zwei Zellen, welche durch freie Zellbildung entstanden sind, in der Mitte. Zwei Räume werden dadurch geschaffen, der obere füllt sich mit Endosperm, der untere bleibt leer. Die Labiaten, deren Keimling nur von einer dünnen Schicht von Endospermen umgeben ist, zeigen anschaulichst die Resorption. Das Endosperm wird völlig resorbirt, auch bei den Rosaceen, Pomaceen, Mufaceen, Tropæoleen, Geranien. Das Gewebe, welches nach der Befruchtung vom Eikern her erhalten blieb, wird zum Perisperm. Bei einigen Familien füllen sich die Zellen des Perisperm mit Stärke, z. B. Cannaceen, Chenopodeen, Sileneen, Nymphaeaceen. Das Endosperm bildet in der Regel keine Intercellularräume, die Wände der Zellen sind vielfach verdickt, werden in der Keimung resorbirt, als Nährmittel für die junge Keimpflanze verbraucht (Studienobject die Palmenfamem). Bei *Picrinum* und *Panocratium* sprengt das junge Endosperm den Embryosack und das Integument, so daß der junge Keimling frei an die Luft zu liegen kommt. In seltenen Fällen bildet der Keimling Chlorophyll.

2. Wachstum des Embryosackes.

Das Wachstum der einzelnen Zelle des Embryosackes ist bis zur Befruchtung nach allen Seiten gleichmäßig. Nach derselben ist dasselbe in mannigfacher Weise verändert. Das Wachstum geht auf Kosten der Endospermzellen und des Perisperms vor sich, schließlich werden selbst die Integumente angegriffen.

In vielen Fällen bekommt jetzt das bis dahin primordiale Keimbläschen eine Cellulosemembran, wenn nicht vorher schon eine solche vorhanden war. Nach der Befruchtung tritt eine Vergrößerung des Keimbläschens ein.

Dies ist die Darstellung HOFMEISTER'S. In der großen Mehrzahl der Fälle hat dieser Forscher zwei oder drei Keimbläschen mit Sicherheit beobachtet. Bei polyembryonen Samen werden deren aber unter Umständen acht bis zehn gefordert unter der Voraussetzung, daß für jeden Embryo ein jungfräuliches Keimbläschen präexistiren soll. STRASBURGER zeigt in neueren Untersuchungen (Ueber Befruchtung. H. Dabis. Jena 1878), daß bei allen untersuchten Pflanzen drei Eizellen (Keimbläschen) angelegt werden, welche in dem Scheitel des Embryosackes in der Weise untergebracht sind, daß in der Regel zwei den Scheitel beherrschen und öfters (so wie bekannt

und namentlich lehrreich bei *Bartonia*) aus dem Scheitel hervortretende Ausstülpungen bilden (f. Fig. 273). An diesen haftet die Spitze des Pollenschlauches. Sie übermitteln die befruchtende Wirkung auf die dritte eigentliche Eizelle, aus welcher der Embryovorkeim und das Keimkügelchen entsteht. Die beiden ersten Eizellen (Keimbläschen) nennt STRASBURGER die Gehilfinnen. Ein Uebertritt geformter Massen durch das Pollenschlauchende nach dem Embryosack ist bis jetzt nicht beobachtet. In einigen Fällen beschränkt sich die Zahl der Gehilfinnen auf eine für eine Eizelle.

3. Veränderung des Keimlings und Fruchtknotens.

Bei den Phanerogamen finden sich vielfache Ausnahmen von dem gesetzmäßigen Acte der Befruchtung. Viele Culturpflanzen bilden saftige Scheinfrüchte. Die Gartenerdbeere bildet selten keimfähige Früchte (die Ovula werden angelegt, aber nicht befruchtet).

Die Bananen bringen sehr selten keimfähige Samen hervor. Die Ovula sind hier schon zur Zeit der Pollenreife verkümmert. Scheinfrüchte werden ausgebildet ohne Einfluß des Pollens bei *Ricinus* und *Coelebogyné*.

Bei diöcischen Arten von *Vitis* tritt die Beerenbildung ohne Gegenwart der Männchen ein. Die Beeren aber bilden keine Samen aus (*Corinthen*).

Andererseits bedarf es in vielen Fällen der Polleneinwirkung der Bestäubung, um überhaupt das Ei soweit vorzubereiten, daß es empfängnißreif werde.

Auffällige Wucherungen des Endospermes als Folgen der Befruchtung kommen bei den *Santalaceen*, *Thesium* vor, wo eine blasige Ausstülpung des Embryosackes den Eikern durchbohrt.

Blattlose Embryonen kommen bei den Orchideen und *Asarum* vor. *Corydalis fabacea* besitzt rudimentäre Keimlinge. Monocotyle Keimlinge in Dicotylenfamilien finden sich bei *Carum bulbocastanum*, *Trapa*, *Ranunculus Ficaria*, bei den Delphinen mit Knollrhizomen, bei *Corydalis* mit Knollen.

Bei der Ausbildung der Keimlinge überwiegt bald das Wurzelende, bald die Keimknospe (*Plumula*). Bemerkenswerth ist hier *Najas* und *Ruppia*. Die Mehrzahl der Embryonen bildet indeß zwei größere Keimblätter aus. Scheinfrucht und Scheinsamen kommen *Ficus* zu. Die *Piperaceen* haben meist Scheinfrüchte. Werden bei *Lychnis dioica* die weiblichen Exemplare isolirt und mit fremden Pollen von *Dianthus* bestäubt, so entsteht eine Frucht ohne Embryonen. Pflanzen, welche gar nicht befruchtet wurden, bringen nicht einmal eine Scheinfrucht hervor.

Bei *Pyrus* kommen oft reife Früchte ohne Samen vor. Es geht hieraus und aus zahlreichen ähnlichen Thatfachen zur Evidenz die anregende Wirkung des Pollenschlauches auf die ganze Blüthe oder mindestens auf die Blüthenaxe und Carpellblätter hervor.

4. Polyembryonie.

Polyembryone Samen sind solche, welche mehrere Keimlinge in einem Embryosack hervorbringen. Bei *Funkia* finden sich 3—5, *Citrus* 7—9—10 Embryonen in einem Samen. Gleichwohl findet man nur drei Keimbläschen in einem Ei mit Sicherheit, z. B. bei *Funkia coerulea*. Bei *Citrus*

wollen einige dagegen eine große Zahl breitartig den Scheitel des Embryosackes ausfüllende Keimbläschen beobachtet haben.

Der Pollenschlauch berührt bei *Citrus* den Scheitel des Embryosackes und kommt mit den tiefer stehenden Keimbläschen nicht in Berührung, dennoch werden zahlreiche Keimanlagen gebildet.

Eine besondere Art von Polyembryonie besteht darin, daß in einem Eikern mehrere Embryosäcke angelegt werden, welche, wenn befruchtet, mehrere Embryonen in der reifen Frucht erzeugen. *Viscum* ist in dieser Hinsicht lehrreich. In der Regel werden zwei Embryosäcke befruchtet, in jedem entsteht ein Keimling. Die Endosperme der beiden Säcke verwachsen miteinander zu einer einzigen zusammenhängenden Endosperm-masse.

Fast alle Asclepiadeen sind polyembryon; 3—5 in allen Keimtheilen wohl ausgebildete, gegenseitig in dem engen Raum

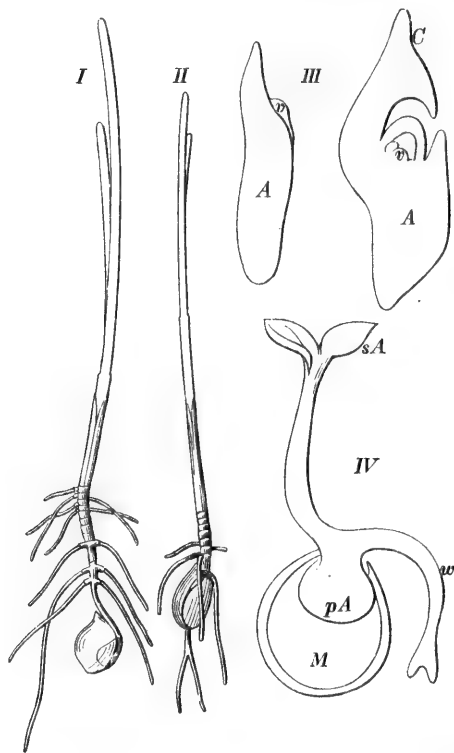


FIG. 277. I II zwei Keimpflanzen von *Phacagrostis* (Najadeen) nach BORNET. Die junge Keimpflanze ist in das scheidenartige Keimblatt eingehüllt, besitzt zwei Laubblätter und ist vielfach adventiv bewurzelt. III Keimlinge des Roggens in verschiedener Entwicklung, A die Keimaxe, C das Schildchen, v Vegetationshügel vor der vollen Reife der Frucht. IV Keimpflanze von *Selaginella*, schematisch, pA Fuß oder primäre Axe, mit welcher die junge Keimpflanze in der Makropore wurzelt, w die erdtüchtige Wurzel, sA die beblätterte Axe.

der Eihöhle abgeplattete Keimlinge werden hier entwickelt. Polyembryonie wurde noch beobachtet bei *Funkia coerulea* und *ovata*, *Nothoscordon fragrans*, *Mangifera indica*, *Cœlebogyne ilicifolia*. STRASBURGER zeigt, was nach manchen mikroskopischen Beobachtungen zu vermuthen war, durch genaue Prüfung der Entwicklungs-geschichte, daß bei allen beobachteten Pflanzen nur ein Embryo aus der vorherbestehenden Eizelle gebildet werden kann.

Die übrigen entstehen, und dieß ist eine sexuelle Nebenwirkung der eigentsten Art, als Adventivsprosse aus denjenigen Eikernzellen, welche in der Nähe des Embryosackfcheitels befindlich sind¹⁾).

Es gibt daher in einem Eifproß ächte Eiembryonen und Adventivsprosse der Samenknoſpe.

§ 35. Same und Frucht.

Der Same ist das endliche Derivat der Eiknoſpe. Die Integumente derſelben verhärteten, werden zur Samenschale. Dieſe umſchließt die Reſte des Eikerns (Periſperm), das Gewebe, welches im Embryosack enthalten iſt (Endoſperm) und endlich den Keimling, welcher biſ zur Reife entweder in allen Keimtheilen ausgebildet, vollkommen oder rudimentär iſt. Je nachdem alle vorgenannten Gewebe biſ zur Samenreife vorhanden oder durch den heranwachſenden Keimling reſorbirt ſind, unterſcheidet man:

1° endoſperm- und periſpermhaltige Samen, z. B. Nymphaëaceen, Piperaceen, Cannaceen, Malvaceen;

2° endoſpermhaltige Samen, Labiaten, Scrophularien, Solaneen, die größere Anzahl der Monocotylen;

3° endoſpermloſe Samen, z. B. Amygdaleen, Pomaceen, Papilionaceae, Cruciferen.

Bei dieſen umhüllt die Samenschale direct den Keimling. Dieſer hat ſchon während der embryonalen Entwicklung alle Nährkörper in ſich aufgenommen. Die Integumente bilden bei mehreren Familien Haarfchöpfe, welche das Ausfliegen der Samen erleichtern, z. B. Salices, Asclepiadeen.

Geflügelte Integumente bilden ſich bei der Paulownia; Schleimſamen kommen vor bei den Cruciferen, Lineen, Pomaceen (Cydonia) u. a. m.

Im botaniſch ſtrengen Sinne iſt die Frucht das Endproduct aus den Carpellblättern. Es wird daher auf nackte Früchte und ſolche zu achten ſein, bei welchen der Capellblattkreis mehr oder weniger vollſtändig mit der hohlen Axe und den Hochblättern oder ſelbſt den Theilen der Blüthenhülle verwachſen und durch Umbildung verändert iſt. Andererſeits verwachſen bei gewiſſen Familien die Samen mit den Fruchtbehältern. In aufſteigender Richtung von dem Blüthenſtande her läßt

¹⁾ STRASBURGER, Ueber Polyembryonie. Jena. H. Dabſ. 1878, und Vortrag deſſelben Forſchers auf der Naturforſcherverſammlung in München 1877.

sich diese Reihe von Umbildungen und Verwachsungen der genannten Theile aufstellen:

A. Der Blütenstand an der Fruchtbildung betheiligt.

1^o In dem fog. Fruchtkörper bleibt die hohle Zweigaxe des gesamnten weiblichen Blütenstandes mit den eingeschlossenen Schließfrüchten in Verbindung. Die erstere wird saftig fleischig. Die Ausfaat auf natürlichem Wege ist nur möglich, wenn der saftige Körper verwest, z. B. *Ficus*. Die Keimung der Embryonen ist nur ermöglicht, wenn die Schließfrucht von den Keimtheilen zerrissen wird;

2^o der fog. Fruchtkörper ist eingehüllt in die mehr oder weniger umgebildete, erhärtete Cupula (also ebenso in eine Blütenstandsaxe), welche zur Zeit der Reife in mehrere Klappen aufspaltet, *Fagus*, *Castanea*. Der Same ist in der Schließfrucht, diese in der Cupula eingeschlossen. Hier ist nach der Oeffnung der Cupula immer noch durch die Keimtheile die Wand der Schließfrucht zu sprengen;

3^o die Deckschuppe und die Fruchtschuppe erhärten. Die geflügelte Frucht (der Same) fliegt aus, nachdem die Fruchtschuppen an dem sonst intacten Zapfen sich gegenseitig sparrig loslösen: *Abies Douglasii*;

4^o die Deckschuppe geht nach der Bestäubung ein, die Fruchtschuppe erhärtet, die geflügelte Frucht (der Same) fliegt aus wie vorher: *Picea*;

5^o die Deckschuppe verhält sich wie vorher die Fruchtschuppe, löst sich und fällt mit der geflügelten Frucht (dem Samen) ab: *Abies (pectinata, balsamea)*.

B. Die hohle Blütenaxe und die Blütenhüllen an der Fruchtbildung betheiligt.

6^o Die convexe Blütenaxe wird saftig fleischig und trägt die einfamigen Schließfrüchte, der Keimling muß die Wand der Schließfrucht durchbrechen: *Fragaria*;

7^o die concave Blütenaxe umhüllt als saftiger Hohlkörper zahlreiche Schließfrüchte mit außerordentlich harter Schale: *Rosa*;

8^o die schuppigen trockenen Hochblätter tragen in ihrer Achsel die einfamigen Schließfrüchte: *Humulus*;

9^o die saftigen Perigonblätter schließen zu einer Scheinbeere zusammen, umhüllen die nußartige, einfamige Schließfrucht: *Morus*;

10^o die trockenhäutigen Hochblätter der Blüthe umschließen als Balgkapsel die Schließfrucht: *Carices*;

11^o dieselben verwachsen mehr oder weniger vollständig mit der Schließfrucht: *Gramineen*, z. B. *Hordeum*, *Avena*;

12^o die hohle Blütenaxe wird saftig und fleischig: *Pomaceen*. Sie

umhüllt eine ledrig elastische Kapfel, welche aus den eingefenkten Carpellblättern entstanden ist: Pyrus; oder steinharte, ebenso entstandene Schließfrüchte: Crataegus, Sorbus;

13^o die ganze Blüthenzweigspitze wird fastig und schließt den integumentlosen Eifproß, das Endosperm, und in diesem in der Regel zwei Keimlinge ein: Viscum;

14^o die hohle Axe (bei fog. unterständigen Früchten) verwächst vollständig mit den umgebildeten und ihrerseits verwachsenen Fruchtblättern und wird fastig und fleischig: Juglans, schließt ein zweispaltiges (oder selten dreispaltiges) erhärtetes Gehäufte und einen Samen ein (unterständige Steinbeere).

C. Umbildungen an den freien Fruchtknoten.

Hier kommt zunächst in Betracht, daß der Fruchtknoten nicht mit der hohlen Axe verwächst. Es handelt sich zunächst also um die oberständigen. Dieselben können aus einem Fruchtblatt oder mehreren Fruchtblättern zusammengesetzt sein.

15^o In einer Blüthe entsteht durch Fehlschlagen von mehreren apocarpn Fruchtknoten eine einzige auf ein Carpellblatt zurückführbare Schließfrucht von trockenhäutiger oder holziger Textur der Wand, meist einfamig, z. B. Terebinthaceen;

16^o in einer Blüthe entstehen zahlreiche apocarpe Schließfrüchte wie vorher: Ranunculaceen;

17^o die trockene oder verhärtete Schließfrucht ist aus syncarpen oder paracarpn, ober- oder unterständigen Fruchtknoten gebildet, mit Fehlschlagungen oder ohne solche;

18^o der apocarpe, syncarpe oder parocarpe Fruchtknoten bildet eine Steinbeere, die äußere Schale wird fastig fleischig, die innere steinartig erhärtet. Als Beispiel ein- oder wenigfamige Steinbeeren, die Amygdaleen;

19^o apocarpe, syncarpe oder parocarpe Fruchtknoten werden in mehrere oder eine einzige fastige Schale differenzirt, in welcher die Samen eingebettet sind: Beerenfrüchte;

20^o dieselben Fruchtknoten springen im Zustand der Reife auf:

a) parallel der Commissural- oder Verwachsungslinie, aber am äußersten Rande, Spaltkapfeln (z. B. Salix, Populus);

b) mit Poren oder unregelmäßigen Löchern, Streubüchsen (Papaver, Rhinantaceen);

21^o die Früchte zerpalten sich in eine bestimmte Anzahl von Schließfrüchten (z. B. Acerineen), oberständige (Umbelliferen), unterständige Spaltfrüchte (Schizocarpe). Bei den Papilionaceen zerfällt bei einigen Gattungen die Frucht in quer abbrechende Glieder;

22^o die Früchte zerfallen in zwei und mehr Klappen (Cruciferae, Papilionaceae). Zahlreiche Früchte sind mit Hacken, Stacheln, Haaren besetzt, welche ihre Verschleppung erleichtern, andere sind mit Flugapparaten (Pappus), Haarbüscheln oder häutigen Flügeln versehen, durch welche sie windtüchtig werden (s. oben S. 24: Verbreitungsmittel).



Sachregister

zum ersten und zweiten Band.

A.

- Abies* II. 21. 331. 333. 361.
Abies excelsa I. 240.
Abies pectinata I. 568.
Abietineae I. 77. 550. II. 33. 35. 40. 331. 341. 361.
Abforption I. 210. 219. 498. 499.
Acacia II. 382.
Acacia, Blatt II. 408.
Acacia lophanta I. 281.
Acacia Melanoxylon II. 399.
Acacien I. 59.
Acacienpollen II. 444.
Accumulation II. 11.
Acer I. 337. II. 340.
Acer campestre I. 382.
Acer, Knospe II. 406.
Acer negundo I. 382.
Acer pseudoplatanus II. 13.
Acer rubrum I. 382.
Acerineen II. 33.
Acetabularien II. 107.
Achillea II. 28.
Achlya II. 151.
Achnantheen II. 50. 92.
Achnantheae II. 96.
Aconitum II. 405. 439.
Acorus I. 200.
Acrocarpi II. 225.
AcrospERMum II. 166.
Actinisceen II. 92.
Actinoptychus II. 98.
Actinophara I. 17.
Adanfonia I. 569.
Adhäsion I. 446.
Adiantum II. 299.
Adventiväfte II. 78.
Aecidioli II. 162.
Aecidiofpore II. 162.
Aecidium I. 645.
Aegilopsbastard II. 453.
Aehre II. 432.
Aepfeläure I. 556.
Aefchinanthus atropurpureus II. 26.
Aefchinanthus speciofus II. 26.
Aesculin I. 561.
Aesculus I. 335. 354. 378.
Aesculus, Knospe II. 406.
Aethalium I. 21. II. 154.
Agaricini I. 640. II. 160. 175.
Agaricus II. 175.
Agrostemma II. 449.
Ahorn I. 159. 366.
Ahornzweig I. 365.
Albumine I. 546.
Aldrovanda II. 423.
Algae II. 242.
Algen II. 40.
Alicularia II. 217.
Alisma II. 450.
Alisma, Embryo II. 455.
Alizarin I. 561. 564.
Alkaloide I. 557.
Alkohol-Anthoxanthin I. 507.
Alkoholetiolin I. 506.
Alkoholgährung I. 633.
Allogamie II. 457.
Allylfenöl I. 552.
Alnus glutinosa I. 382.
Alnus, Knospe II. 406. 409.
Aloë I. 73.
Alfidium II. 126.
Alfineen I. 284. II. 347.
Ameifenläure I. 556.
Amentaceen II. 36.
Aminbafen I. 559.
Amoeba princeps I. 37.
Amoeba terricola I. 15.
Amöben I. 13. 37. 42. 50. 390.
Amöben (Süßwasser-) I. 14.
Ampelopsis II. 383. 386.
Amphicampa II. 97.
Amphipleura II. 97.
Amphipleureae II. 97.
Amphiprora II. 97.
Amphitrix II. 75.
Amphitropideae II. 97.
Amphizonella I. 15.
Amphoreen II. 96.
Amphoridium II. 233.
Amygdaleen I. 561.
Amygdalin I. 561.
Amylum I. 540.
Amylumkorn I. 145.
Anabæna II. 67. 77.
Anacalypta II. 230.
Anatropes Ovulum II. 448.
Andreaea II. 225.
Andreaeaceen II. 225.
Anemia I. 63. II. 244.
Aneura II. 206.
Aneureae II. 206.
Angelica I. 228.
Angiocarpe II. 80.
Angiopteris II. 299.

Angiospermen II. 23. 242.
 Anguliferae II. 92. 98.
 Anilin I. 561.
 Anodon II. 233.
 Anomodon II. 234.
 Anorganische Salze I. 557.
 Anpaffung I. 261.
 Anpaffung des Stammes II. 370.
 Anthere II. 440.
 Antheridien II. 148.
 Antheridium II. 40.
 Anthoceros I. 56. II. 199. 206.
 Anthocerotheae II. 199.
 Anthocyan I. 563.
 Anthoxanthin I. 563.
 Antidromie II. 280.
 Antirrhinum majus II. 16.
 Aphanocapsa II. 65. 75.
 Aphanothece II. 65.
 Aphilotrix II. 19.
 Aphilotrix calliderma II. 19.
 Aphilotrix glandulosa II. 19.
 Aphilotrix lucida II. 19.
 Apioforium II. 166.
 Apocynum I. 85.
 Arachinsäure I. 545.
 Aralia I. 241.
 Aralia spinosa, Blatt II. 401.
 Araucaria I. 568. II. 331. 358.
 Araucariaceae II. 331.
 Araucarieae II. 331. 358.
 Arbutin I. 561.
 Archegonium II. 40.
 Archidium II. 219.
 Arcyria II. 153.
 Arecapalme I. 79.
 Areolen I. 85.
 Arillus II. 448.
 Aristolochia I. 277.
 Arnica I. 550.
 Arnoldia II. 80.
 Arnoldieen II. 80.
 Artemisia I. 227. 550.
 Arthonia II. 83.
 Arthonieen II. 82.
 Arthrospira II. 76.

Arthrotaxis II. 360.
 Arum II. 450.
 Arum, Befruchtung II. 454.
 Arum maculatum I. 317.
 Afchenskelett I. 409.
 Afchenzuwachs I. 410.
 Asclepiadeen, Polyembryonie II. 462.
 Asclepias I. 59.
 Asclepias, Pollen II. 444.
 Ascomyceten II. 78. 165.
 Ascospora II. 167.
 Aspe I. 569.
 Aspidium I. 68. II. 240. 241. 299.
 Asplenium II. 299.
 Assimilation I. 470.
 Ast, dominirender I. 343. II. 4.
 Astragalus I. 95.
 Astrapæa, Pollen II. 443.
 Athemhöhle I. 204.
 Atrichum II. 192. 231.
 Atropa II. 21.
 Aulacomnion II. 231.
 Ausläufer II. 374.
 Autogamie II. 457.
 Auxosporen II. 97.
 Axillarknospe II. 368.
 Axillarsproß II. 183. 207. 369.
 Azolla II. 307. 311.

B.

Bacillariaceen II. 90.
 Bacillus II. 66.
 Bacillus anthracis II. 66.
 Bakterien I. 638. 640. II. 64.
 Bacterium II. 65.
 Bacterium Termo II. 65.
 Balanophoreen II. 387.
 Balfame I. 550.
 Balfamodendron I. 550.
 Bambusina II. 60.
 Bangia II. 103.
 Bangiaceae II. 124.
 Barbula II. 100. 230. 427.
 Barbula aloides II. 11.
 Barkhausia alpina II. 26.

Bartonia, Ovulum II. 448.
 Bartramia II. 232. 243.
 Bartramieen II. 219. 232.
 Basidiomycetes II. 70. 172.
 Basilarwand II. 223.
 Bastard, Apfel und Birne II. 453.
 Bastarde der Blütenpflanzen II. 453.
 Bastarde der Cirsiumarten II. 453.
 Bastarde der Compositen II. 453.
 Bastarde der Kryptogamen II. 452.
 Bastarde der Species II. 451.
 Bastarde der Varietät II. 451.
 Bastarde der Weiden II. 453.
 Bastard von Pfirsich und Mandel II. 453.
 Bastparenchymgruppen I. 340.
 Batrachospermeen II. 52.
 Batrachospermum II. 113. 114.
 Baum I. 343.
 Befruchtung II. 450.
 Beggiatoa II. 66.
 Begonia, Blatt II. 405.
 Belaubung I. 601.
 Benzoë I. 550.
 Benzoëharz I. 557.
 Benzoësäure I. 557.
 Benzoin I. 550.
 Benzolchlorophyll I. 504.
 Berberis I. 646.
 Berberis vulgaris I. 290.
 Bertholletia I. 547.
 Bestrahlung I. 268.
 Betula I. 337. 351. II. 424.
 Betula alba I. 382.
 Betula, Knospe II. 406.
 Betulineen II. 33.
 Biddulphia II. 98.
 Biddulphiaceae II. 98.
 Biddulphiaceen II. 92.
 Biegsamkeit I. 581.
 Biegunsmoment I. 316.
 Bignonia, Blatt II. 418.

Biorhiza aptera II. 19.
 Biota II. 331.
 Birke I. 569.
 Bittermandelöl I. 561.
 Blasia II. 206. 216.
 Blatt II. 399.
 Blätter II. 4.
 Blattdrüsen II. 423.
 Blattfall I. 378. 601.
 Blattnarbe II. 410.
 Blattstiel I. 200.
 Blechnum II. 299.
 Blüthe I. 602. II. 4. 436.
 Blüthe, Literatur II. 436.
 Blütenstand II. 431.
 Blütenstand, monopodialer
 II. 432.
 Blutsverwandtschaft, Schema
 II. 89.
 Blyttia II. 207.
 Boletus II. 175.
 Bonnemaisonia II. 124.
 Boragineen II. 33.
 Bornetia II. 123.
 Botrydiaceen II. 51. 107.
 Botrydium II. 107.
 Botryocystis II. 62.
 Botrytis II. 170.
 Bovista II. 176.
 Brennhaar II. 427.
 Broin I. 406.
 Bruchia II. 228.
 Brutbecher II. 201.
 Brutknospen II. 7. 201.
 Bryaceen II. 231.
 Bryonia I. 296.
 Bryonia dioica II. 380.
 Bryophyllum mit Adventiv-
 knospen II. 7.
 Bryoideae II. 231.
 Bryopogon II. 73. 82.
 Bryopsidae II. 124.
 Bryopsis I. 31. II. 107.
 Bryum I. 243. II. 23. 100.
 219. 231.
 Buche I. 344. 359. 370. 569.
 II. 9.
 Buchenpflanze I. 381.
 Bulbochaete II. 110.

Butterfläure I. 552. 556.
 Buxbaumia I. 243. II. 219.
 232.
 Buxbaumia aphylla II. 212.
 Buxbaumieen II. 232.
 Buxus sempervirens I. 95.

C.

Cacteen I. 85. II. 35. 420.
 Cæoma II. 165.
 Calamiteae II. 296.
 Calcium I. 407.
 Calla, Anthere II. 442.
 Callhymenia II. 127.
 Calliblepharis II. 127. 136.
 Callithamnion II. 124.
 Callitris II. 331. 358.
 Callophyllis II. 136.
 Calocladia II. 166.
 Calothrix II. 67.
 Callusbildungen I. 355.
 Calycantheen II. 438.
 Calypogeya II. 216.
 Calyptra II. 220. 227.
 Campecheholz I. 565.
 Camphene I. 549. 551.
 Campthecium II. 234.
 Camptotrope Ovula II. 448.
 Campylodiscus II. 97.
 Campylotrope Ovula II. 448.
 Canalzelle II. 321.
 Canna I. 75.
 Cannabis II. 451.
 Cantharellus II. 175.
 Capillarität I. 446.
 Capillarsystem I. 447.
 Capillitium I. 21. II. 153.
 Caprinfläure I. 556.
 Capronfläure I. 556.
 Caprylsäure I. 556.
 Capfella, Keimling II. 457.
 Carex II. 450.
 Carminpartikel im elektri-
 schen Strom I. 34.
 Carminfläure I. 561.
 Carpellblatt II. 40.
 Carpellblätter II. 446.
 Carpinus, Knospe 406.
 Carum I. 552.

Caryota I. 81.
 Caryota, Blatt II. 404.
 Caffytha I. 80.
 Castanea I. 568.
 Castanea, Knospe II. 406.
 Catopyrenium II. 80.
 Caulerpa I. 76. 87. 93. 164.
 II. 32. 36. 107.
 Caulerpaftammzelle I. 140.
 Caulerpazelle I. 91. 94.
 Caulerpeen II. 106.
 Caulophytae II. 40.
 Caulopterides II. 296.
 Cedrus I. 568. II. 331. 361.
 Celtis I. 239.
 Celtis, Blatt II. 405.
 Centaurea I. 292.
 Cephalotaxus II. 331. 358.
 Ceramiaceen II. 123.
 Ceramieae II. 129. 135.
 Ceramieen II. 124.
 Ceramium II. 124. 136.
 Ceratodon II. 230.
 Ceratoneis II. 96.
 Ceratophyllum I. 37. 52. II.
 27. 451.
 Ceratozamia II. 320. 331.
 Cereus I. 350.
 Cerotinfläure I. 553.
 Chaetomium II. 166.
 Chaetophora II. 103. 113.
 Chamæcyparis II. 331.
 Chamærops, Blatt II. 404.
 Chamæsiphon II. 67.
 Chantrelle II. 103. 113.
 Chantrelleae II. 124.
 Chara II. 186.
 Characeen II. 22. 40. 44. 46.
 48. 129. 130.
 Charenzelle I. 37.
 Chiloscyphus II. 217.
 Chinin I. 560.
 Chlamidococcus II. 51. 58.
 Chlamidomonas I. 29. II.
 51. 53. 56.
 Chlor I. 406.
 Chlorochytrium lemnæ I.
 392. II. 71.
 Chlorophyllaceen II. 51.

- Chlorophyllkörper I. 31. 491.
 496.
 Chlorophyllparenchym II.
 352.
 Chlorotylum II. 103.
 Chondreen II. 127.
 Chondriopsis II. 126.
 Chondrus II. 127. 136.
 Chroococcaceen II. 51. 64.
 74.
 Chroococcus II. 75.
 Chroolepideen II. 82. 113.
 Chroolepus II. 49. 83. 103.
 113.
 Chrysanthemum II. 270.
 Chrysomyxa I. 644. II. 163.
 Chthonoblastus II. 67. 75.
 Chytridiacei II. 154.
 Chytridiei I. 640. 638. II.
 70. 149. 155.
 Chytridium I. 394. II. 157.
 Cibotium I. 63. II. 244.
 Cilien II. 192.
 Cinchona I. 79. 85.
 Cinchoneen I. 559.
 Cinchonin I. 560.
 Cinclidoteen II. 233.
 Cinclidotus II. 233.
 Cistopus I. 395. II. 145.
 159.
 Citrus, Polyembryonie II.
 462.
 Cladochytrium II. 157.
 Cladodien II. 381.
 Cladonia II. 72. 82.
 Cladoniaceen II. 81.
 Cladophora II. 103. 112.
 Cladophoren II. 103. 112.
 Cladostephus II. 131.
 Cladothrix II. 67.
 Clathrocytis II. 66.
 Clavaria II. 176.
 Clavariet II. 176.
 Claviceps I. 646. II. 167.
 170.
 Clematis, Blatt II. 419.
 Cleistocarpus II. 218. 225. 227.
 Climacium II. 234.
 Climacosphenia II. 98.
 Closterium I. 30. 393. II.
 51. 59.
 Coccochloris II. 66.
 Coccochromaticae II. 97.
 Cocconeideen II. 50.
 Cocconeis II. 96.
 Cocconema II. 96.
 Cochliopodium I. 18.
 Codieae II. 124.
 Codium II. 100.
 Coelastrum II. 58.
 Coelebogyne II. 450.
 Coelebogyne, Polyembryonie
 II. 462.
 Cœnogonium II. 79.
 Colchicaceen I. 560.
 Colchicum II. 377.
 Colchicum, Befruchtung II.
 453.
 Colchicumknolle I. 105.
 Coleochaete II. 50. 103. 119.
 Coleosporium II. 165.
 Collema II. 76. 80.
 Collemaceen II. 79.
 Collenchym I. 74. II. 351.
 Colletere II. 424.
 Colletonema II. 97.
 Collodium I. 160.
 Colloid I. 421.
 Collomia I. 88. 96. 97.
 Colocafienblatt I. 223.
 Columella II. 153. 191.
 Compositen I. 551. 552. II.
 33.
 Conceptaculum II. 307.
 Conceptakeln II. 125.
 Conservaceae II. 124.
 Conservaceen II. 103.
 Conferven II. 52. 73. 103.
 135.
 Conidien II. 7. 74. 159. 166.
 Coniferen I. 51. 551. II. 21.
 46. 331.
 Coniferenblatt II. 356.
 Coniocarpon II. 139.
 Conjugatae II. 50.
 Connectiv II. 441.
 Conomitrium II. 232.
 Convolvulin I. 561.
 Convolvulus I. 296. II. 29.
 Coprolepa II. 167.
 Copulant II. 146.
 Copulation II. 84. 146.
 Corallineen II. 123.
 Cordyceps II. 167.
 Coriaria I. 253.
 Cornicularia II. 73.
 Cornus I. 254.
 Corticalschicht II. 68.
 Corylus heterophylla I. 382.
 Coscinodiscus II. 98.
 Coscinodon II. 233.
 Cosmarium II. 51. 55. 61.
 Cratægusblatt II. 403.
 Cratægus crus Galli II. 390.
 „ oxyacantha II. 390.
 Crenothrix II. 66.
 Crocus II. 375.
 Crocus, Befruchtung II. 454.
 Crocus, Embryofack II. 449.
 Cronartium II. 165.
 Crucibulum II. 176.
 Cruciferen I. 88. II. 27.
 Cryopsores II. 82.
 Cryptomeria II. 331.
 Cryptomyces II. 171.
 Cucurbita Repoi I. 34. 72. 83.
 173.
 Cucurbita, Pollen II. 443.
 Cuminum II. 552.
 Cuminumöl I. 552.
 Cuminaure I. 557.
 Cunninghamia II. 331.
 Cupressineen I. 85. II. 40.
 331. 358.
 Cupressus I. 568. II. 331.
 358.
 Cupula II. 343. 464.
 Cuscuta II. 29. 387.
 Cussonia I. 226. 380. 555.
 Cyatheaceae II. 296. 299.
 Cyathus II. 176.
 Cycadeae II. 331. 343. 362.
 Cycas II. 331.
 Cycas revoluta II. 227. 356.
 Cyclotella II. 98.
 Cydonia I. 97. II. 371.
 Cylindrospermum II. 77.

Cyma helicoidea II. 379. 434.
 Cyma scorpioidea II. 434.
 Cymbella II. 96.
 Cymbellae II. 96.
 Cymbelleen II. 50. 92.
 Cynips argentea II. 19.
 Cynips aries II. 19.
 Cynips glutinosa II. 19.
 Cynips Hartigii II. 19.
 Cynips marginalis II. 19.
 Cyperaceen II. 438.
 Cyphellen II. 81.
 Cytofeireen II. 123.
 Cyto carp II. 123. 169.
 Cyto coccus II. 58.
 Cytolithe I. 76.
 Cytinus II. 388.

D.

Dædalea II. 175.
 Dammara II. 331. 358.
 Danæa II. 299.
 Dafya II. 126.
 Dattelkeim I. 550.
 Deckschuppe II. 320.
 Defensivwaffen II. 420.
 Delefferiae II. 125.
 Delphinium II. 405. 439.
 Desmatodontae II. 231.
 Desmidiaceen II. 135.
 Desmidiæen II. 5. 51. 55. 63.
 85.
 Deuter II. 214.
 Deutzia I. 294.
 Diachæa II. 154.
 Dianthus II. 367.
 Dianthus, Knospe II. 407.
 Diaphragma II. 220. 231.
 Diatomeen II. 50. 90.
 Diatomin I. 563.
 Dichotomie II. 138.
 Diclinie II. 456.
 Dicotyledonen II. 40. 46.
 Dicranoidea II. 230.
 Dicranum I. 243. II. 210. 219.
 230.
 Dictamnus II. 417.
 Dictydium II. 153.
 Dictyopteris II. 139.

Dictyosphærium II. 59.
 Dictyota II. 129. 136.
 Dictyoteen II. 123.
 Didymium II. 154.
 Didymodon II. 230.
 Didymoprium II. 60.
 Diffusion I. 210.
 Diffusionsversuche I. 412.
 Digenia II. 126.
 Digitalin I. 561.
 Dimeroporum II. 166.
 Dimorphie II. 159.
 Dioxyanthrachinon I. 564.
 Diphyscium I. 97. 169. 175.
 II. 233.
 Diplolæna II. 216.
 Diplomitriæe II. 207.
 Dipfacus I. 396.
 Discomycetes II. 70. 171.
 Disgregation I. 185.
 Distichiaceen II. 230.
 Distichium II. 230.
 Dolde II. 432.
 Dorn II. 4. 37. 417.
 Dorstenia, Blütenstand II.
 433.
 Dracæna I. 558.
 Draparnaldia II. 103. 129.
 113.
 Drilosiphon II. 76.
 Drüsen II. 4. 37. 417.
 Dryadeen II. 438.
 Dryocosmus cerriphilus II. 19.
 Dryocosmus macroptera II.
 19.
 Dryophanta cornifex II. 19.
 Dryophanta disticha II. 19.
 Dudresneya II. 120. 124.
 Dumontia II. 127.
 Durchleuchtung I. 497.
 Durchwachsung II. 132.

E.

Ebenholz I. 100. 402.
 Ecballium I. 27.
 Echinocactus I. 77. 82.
 Echinops, Blütenstand II.
 433.
 Ectocarpeen II. 123.

Ectocarpus II. 132.
 Edelkastanie I. 569.
 Eiche I. 46. 47. 100. 330.
 339. 346. 358. 361. 425.
 569. II. 19. 369.
 Eichengallen I. 373.
 Eichenholz I. 100.
 Eikern II. 447.
 Eisen I. 408.
 Eisproß II. 447.
 Eizelle II. 5. 329.
 Ejaculation II. 143.
 Elaphomycei II. 70.
 Elaphomyces II. 171.
 Elateren I. 77. II. 215.
 Elektrizität I. 623.
 Elektrischer Schlag I. 287.
 Elodea I. 33.
 Elodea canadensis I. 33. II. 21.
 Elsholzia, Knospe II. 408.
 Embryosack II. 448.
 Embryosack, secundärer II.
 323.
 Emulsionsfiguren I. 266.
 Encalypten II. 231.
 Encephalartos I. 560.
 Enchylum II. 80.
 Endocarpeen II. 80.
 Endocarpon II. 80.
 Endochrom II. 96.
 Endochromplatten II. 96.
 Endophyllocarpi II. 225.
 Endophyllum II. 165.
 Endopyrenium II. 80.
 Endosperm I. 75. 79. II. 326.
 Endospermibildung II. 459.
 Endosporium II. 321.
 Enteromorpha II. 103.
 I. Entwicklungscyclus
 der Stamppflanzen
 II. 287.
 II. desgl. II. 296.
 III. » II. 297.
 IV. » II. 301.
 V. » II. 306.
 VI. » II. 307.
 VII. » II. 310.
 VIII. » II. 311.
 IX. » II. 316.

X. Entwicklungscycclus
der Stammpflanzen
II. 333.
XI. desgl. II. 333.
XII. » II. 334.
XIII. » II. 336.
XIV. » II. 338.
XV. » II. 371.
XVI. » II. 372.
XVII. » II. 372.
XVIII. » II. 372.
XIX. » II. 373.
XX. » II. 373.
XXI. » II. 373.
XXII. » II. 374.
XXIII. » II. 374.
XXIV. » II. 375.
XXV. » II. 375.
XXVI. » II. 375.
XXVII. » II. 375.
XXVIII. » II. 382.
XXIX. » II. 384.
XXX. » II. 389.
XXXI. » II. 390.
XXXII. » II. 390.
XXXIII. » II. 390.
XXXIV. » II. 391.
Ephebeaceen II. 79.
Ephebe II. 79.
Ephebeen II. 79.
Ephedra I. 51. 52. II. 330. 362.
Ephemera II. 219. 222.
Epheu I. 622.
Epidermis I. 222. II. 243.
Epinaestie I. 280.
Epiplasma II. 171.
Equiseten II. 40. 44. 46. 47.
191. 242. 282. 287.
Equisetum I. 57. 77.
Eremosphaera II. 51.
Ericaceen, Anthere II. 441.
Erinacea II. 136.
Erineum I. 373.
Erisyphe II. 146. 147.
Erle I. 569. II. 369.
Erythronium, Embryo II. 455.
Erythrophyll I. 563.
Eische I. 273. 354. 368. 569.
II. 20.

Essenzen I. 549. 551. 552.
Essigsäure I. 552. 556.
Euastrum II. 51. 61.
Eucalyptus I. 569.
Euglena I. 36.
Eunotia II. 97.
Eunotieen II. 50. 90. 97.
Euphorbia II. 26.
Euphorbia splendens I. 554.
Eupodisceae II. 98.
Eurotium II. 166.
Exine I. 222. II. 444.
Exoascus II. 171.
Exococcaceae II. 124.
Exosporium II. 321.

F.

Fadenapparat II. 449.
Fagus I. 95. II. 21. 340. 382.
Fagus, Knospe II. 406.
Fagus filvatica I. 362.
Falcatella II. 97.
Farbstoffkörper I. 562.
Farren II. 10. 23. 44. 47.
296.
Farrenkräuter II. 37. 40. 46.
191. 242. 288. 296.
Farrensporangium I. 301.
Fasciation II. 20.
Faserverlauf I. 343.
Favellae II. 125.
Fegatella II. 203.
Fensterung I. 530.
Fernambukholz I. 565.
Fernambukholzauszug II. 65.
Fettsäurereihe I. 556.
Fichte I. 92. 274. 330. 425.
569.
Fichtenholzzelle I. 164.
Fichtenknospe II. 249. 269.
Fichtenstamm I. 91.
Ficus I. 569.
Ficus, Befruchtung II. 457.
Ficus elastica I. 353.
Filices II. 296.
Filtrationsercheinungen I.
427.
Fiffidens II. 208. 232.
Fiffidens taxifolius I. 65.

Fiffidentae II. 232.
Fiftulina II. 175.
Flachs I. 100.
Flachtrieb II. 138.
Flechten II. 40. 50. 69.
Flechtenconidien II. 64.
Flechthenthallus II. 72.
Florideen II. 50. 123.
Florideengrün I. 563.
Florideenroth I. 564.
Flugapparate II. 32.
Fluor I. 406.
Fluorescenz I. 507.
Foliofae II. 214.
Föniculum, Blatt II. 402.
Fontinalen II. 233.
Fontinalis I. 66. II. 207.
233. 261.
Formenaxe II. 41.
Fossombronina II. 216.
Fragillaria II. 97.
Fragillarieae II. 50. 97.
Fraxinus I. 68. 271. 336.
382. II. 33.
Fraxinus, Knospe II. 370. 406.
Fraxinus, Vegetationspunkt
II. 369.
Frosttriffe I. 621.
Frostleisten I. 621.
Frucht I. 602.
Fruchtttrieb II. 287.
Frullania II. 216.
Fucaceen II. 22. 46. 123. 129.
Fucus I. 57. II. 140.
Fucusbastarde II. 452.
Funaria I. 32. II. 229.
Funariaceen II. 229.
Funiculi II. 177.
Funiculus H. 448.
Funkia, Polyembryonie II.
462.
Furcellaria II. 127. 136.

G.

Gabelung II. 139.
Gagea, Befruchtung II. 454.
Gagea, Embryo II. 455.
Gährungstheorie I. 630.
Gallapfel I. 372.

Gallenhaar II. 431.
 Gallenknospen I. 375.
 Gallertflechten II. 79.
 Gamopetale Blüten II. 438.
 Gamosepale Blüten II. 438.
 Gas I. 398.
 Gasdruck I. 212.
 Gafteromycetes II. 176.
 Geaster II. 176.
 Gebrauch II. 35.
 Gefäßbündel I. 311. II. 245.
 Gefäßbündel, blatteigene II. 245.
 Gefäßquerwände I. 82.
 Gegenfüßler II. 449.
 Gelenke I. 285.
 Gelenkbruch II. 378.
 Gelenkpolster II. 37.
 Gelidium II. 125. 136.
 Geocalyceae II. 216.
 Geocalyx II. 217.
 Geocycus II. 67.
 Geometrisches Gesetz der Blattstellung II. 246.
 Geotropismus II. 29.
 Geranium, Früchte I. 301.
 Geranium, Kelch II. 412.
 Gerbstoffe I. 566.
 Gefammtasche I. 410.
 Geschlechtsapparate II. 4.
 Gesneraceen II. 26.
 Gewebeschichten im Blatt II. 416.
 Giftdrüsen II. 37.
 Gigartina II. 127.
 Gingko I. 51. 331. 358.
 Glas I. 151.
 Gleba II. 176.
 Gleichenia II. 299.
 Gleicheniaceae II. 296.
 Gliederstämme II. 347.
 Gliedroderma II. 176.
 Glöeocapfa II. 65. 75.
 Glöeocystis II. 58.
 Glöeogenae II. 65.
 Glöeosphæra II. 103.
 Glöeosphären II. 103.
 Glöeothece II. 65.
 Glucoside I. 560.

Glyptostrobis II. 331.
 Gnetaceae II. 331. 340. 362.
 Gnetum II. 331.
 Gomphonema II. 96.
 Gomphonemeen II. 50. 96.
 Gomphosphæria II. 66.
 Gomphydus II. 175.
 Gonatozygon II. 60.
 Gongrosira II. 103.
 Gonidien des Chroolepus II. 83.
 Gonimonschicht II. 68. 73.
 Gonionema II. 79.
 Gonium II. 51. 62.
 Gracillaria II. 127.
 Gracillarien II. 127.
 Gramineen II. 36. 408. 438.
 Grammatophora II. 98.
 Granne I. 301.
 Granne am Blatt II. 403.
 Graphideen II. 82.
 Graphis II. 82.
 Grasblätter I. 238.
 Gräser II. 33.
 Griffithsia II. 124.
 Grimaldia II. 203.
 Grimmia II. 233.
 Grimmieen II. 233.
 Grundspirale II. 251.
 Gummiarten I. 544.
 Gummiharze I. 549.
 Gymnomitria II. 217.
 Gymnospermae II. 242.
 Gymnospermen II. 23.
 Gymnospermen, Literatur II. 289.
 Gymnospermie II. 339.
 Gymnostomum II. 230.
 Gyps I. 151.
 Gypskeil I. 131.
 Gypsplättchen I. 128.
 Gyrophora II. 81.

H.

Haar II. 4. 32.
 Haardrüse II. 430.
 Haare, Stellung der II. 132.
 Haargebilde, chlorophyllführende II. 427.

Habrocystis II. 171.
 Haftapparate II. 32.
 Haftsafern II. 81.
 Hainbuche I. 569.
 Halopteris II. 131. 132.
 Halymeda II. 107.
 Halymenia II. 127.
 Hängeesche I. 273.
 Hapalosphon II. 76.
 Haplolanæ II. 206.
 Harze I. 549.
 Harzgänge I. 226.
 Hauptorgane II. 4.
 Haustorien II. 36. 146. 387.
 Hautgewebe II. 242.
 Hedwigia II. 233.
 Hedyfarum I. 284.
 Hefepflanze I. 634.
 Heidelbeere II. 27.
 Helianthus, Verwachsung II. 411.
 Heliconia I. 551.
 Heliotropismus I. 260. II. 29.
 Helleborusblatt II. 402.
 Helvella II. 171.
 Hemerocallis II. 450.
 Hemescyphæ II. 160.
 Hemitropes Ovulum II. 448.
 Hepaticae II. 198.
 Heppia II. 76.
 Herleitung der Blattstellung II. 253.
 Hernandia I. 81.
 Heterospore II. 46. 239.
 Hieracien II. 29.
 Hildenbrandtia II. 128.
 Himanthidium II. 94. 97.
 Hippurideen II. 347.
 Homalia II. 233.
 Homalothecium II. 234.
 Homodromie II. 280.
 Honigsecretion II. 33.
 Hookeria II. 234.
 Hopfen I. 298. II. 35.
 Hormidium II. 103.
 Hormosphon II. 67.
 Hormospora II. 59.
 Hoya carnosa I. 353.
 HUGHENS' Princip I. 126.

Humulus II. 29. 424.
 Hydnei II. 175.
 Hydnium II. 175.
 Hydrocharis I. 33.
 Hydrophora II. 160.
 Hymenæa I. 569.
 Hymenialschicht II. 68.
 Hymenogastri II. 176.
 Hymenomycetes II. 174.
 Hymenophylleae II. 296.
 Hymenostomum II. 230.
 Hypericineen I. 551.
 Hyphenknospe II. 177.
 Hypneen II. 234.
 Hypnum II. 224.
 Hypnum cupressiforme II. 10.
 Hypoderma II. 171.
 Hypodermier II. 84. 161.
 Hyponaftie I. 280.
 Hypospila II. 167.
 Hypoxylon II. 84.
 Hyfterangium II. 176.
 Hyterium II. 171.

I.

Jahrring II. 46.
 JAMIN's Phänomen I. 448.
 Iberis amara I. 314.
 Jefferonia II. 402.
 Ilex I. 165.
 Imbibitionsleitung I. 457.
 Impatiens I. 141. II. 26.
 Inflorescenz II. 431.
 Infectenhilfe II. 456.
 Integument II. 447.
 Integumente, geflügelte II. 463.
 Intercellularräume I. 195.
 Intercellularsubstanz I. 84.
 Intine I. 222.
 Inulin I. 543.
 Inulinsphäroide I. 541.
 Intusussception I. 113.
 Jochspore II. 160.
 Jod I. 406.
 Iridæa II. 127.
 Iris pumila I. 74.
 Irpex II. 175.
 Isaria II. 170.

Isoëtes I. 54. II. 192. 286. 304.
 Isoëtes lacustris II. 304.
 Isoëteae II. 296.
 Isoëteen II. 40. 301.
 Isoëteen, Literatur II. 288.
 Isofpore Kryptogamen II. 46. 239.
 Isothecium II. 234.
 Isotropie I. 126.
 Isthmia II. 98.
 Jubuleae II. 216.
 Juncaceen, Pollen II. 445.
 Juncus balticus I. 200. 321.
 Jungermannia II. 217.
 Jungermannieen II. 214. 218.
 Juniperineen I. 550. II. 35. 40.
 Juniperus I. 335. 341. II. 164. 331. 343. 358.
 Justitia I. 252.

K.

Kalium I. 406.
 Kalkschuppen I. 411.
 Kalk-Sphäroide I. 7.
 Kartoffel I. 46. II. 375.
 Kartoffelfstärke I. 100.
 Kaulfusia II. 299.
 Kautschuk I. 208.
 Keimlingspflanzen II. 40.
 Keimung I. 590.
 Kernscheide I. 74. 77. II. 353.
 Kerria I. 76.
 Kiefer I. 531. 569. II. 275.
 Kiefernholzzellen I. 307.
 Kiefernshaft I. 367.
 Kiefernscuppen I. 300.
 Kiefernstamm I. 361.
 Kiefelschalen I. 9.
 Kielblatt II. 333.
 Kiefelsäure I. 409.
 Kirschholz I. 95.
 Klebdrüse II. 424.
 Knolle II. 374.
 Knospeninhalt II. 371.
 Knospenquirl II. 334.
 Knospenschuß II. 333. 370.
 Kohlehydrate I. 539.

Köpfchen II. 433.
 Korkbildung I. 349.
 Korkplatte 352.
 Krameria I. 351.
 Kreisproceß I. 398.
 Kreuzung II. 451.
 Kriechstämme II. 374.
 Kropfmafern I. 344.
 Kryptogamae II. 46.
 Krytalloid I. 421.
 Kurzgriffler II. 452.
 Kurztrieb II. 115.
 Kyanophyll I. 505.

L.

Labiaten I. 550. 551.
 Laminarieen II. 50. 123.
 Langgriffler II. 452.
 Laquearia II. 171.
 Lärche I. 358. 360.
 Larix II. 331. 334.
 Lasiobotrys II. 166.
 Lathraea II. 387.
 Laubmoose II. 33. 218.
 Laubmooskeimung II. 221.
 Laub- und Lebermoose II. 7.
 Laubtrieb II. 287.
 Laurencia II. 126. 136.
 Laurineen I. 550. 551.
 Laurineenkampfer I. 552.
 Laurinsäure I. 545.
 Laurus Camphora I. 552.
 Lavatera I. 72.
 Lavatera, Pollen II. 443.
 Ledum, Pollen II. 445.
 Leguminosen I. 299.
 Leisten I. 75.
 Leitzellen I. 83.
 Lejeunia II. 216.
 Lemnaceen II. 52. 123.
 Lempholemma II. 76. 80.
 Lenormandia II. 80.
 Lentinus II. 175.
 Lenzites II. 175.
 Lepidopterides II. 296.
 Lepidozia II. 216.
 Leptogeen II. 79.
 Leptogium II. 76.
 Leptothrix II. 66.

Lescurea II. 234.
 Leskeaceen II. 234.
 Leskea II. 234.
 Leucobryaceen II. 230.
 Leucobryum II. 230.
 Leucojum, Befruchtung II. 454.
 Libocedrus II. 331.
 Licea II. 153.
 Lichenes homœomerici II. 79.
 Lichenaceae II. 124.
 Lichina II. 75. 79. 82.
 Licmophora II. 98.
 Licmophoreae II. 98.
 Liliaceen I. 551. II. 33.
 Lilium I. 203.
 Lilium, Befruchtung II. 454.
 Limnactis II. 76.
 Ljnaria vulgaris II. 15.
 Linde I. 46. 339. 568.
 Linde, Knospenaxe I. 339.
 Lindenzweig I. 238.
 Linksweinfaure I. 556.
 Liochlaena II. 217.
 Liriodendron, Knospe II. 409.
 Lomentarieae II. 127.
 Lonicerenfchlingen I. 364.
 Lophocolea II. 217.
 Lorantheaceen II. 340.
 Loranthus II. 387.
 Loranthus, Endospermildung II. 460.
 Luftblatt II. 307.
 Lunularia II. 203.
 Lunularieen II. 203.
 Lupulindrüse II. 425.
 Lycium II. 21.
 Lycmophora II. 93.
 Lycmophoreen II. 92.
 Lycogala II. 153.
 Lycoperdacei II. 176. 177.
 Lycoperdon II. 177.
 Lycopodiaceen II. 41. 46. 242. 299.
 Lycopodiaceen, Literatur II. 288.
 Lycopodium II. 301.

Lymnobryum II. 232.
 Lyngbya Symploca II. 75.

M.

Madotheca II. 216.
 Magnesium I. 407.
 Makrocyste II. 147.
 Makrogonidien II. 75. 108.
 Makrospore II. 191. 239. 322.
 Makrozamia II. 331.
 Makrozoospore II. 105.
 Malva I. 58.
 Malvaceen II. 438.
 Malva, Pollen II. 442.
 Mamillaria I. 78.
 Mangan I. 408.
 Mangifera, Polyembryonie II. 462.
 Marasmius II. 175.
 Marattia I. 202. II. 299.
 Marattiaceae II. 299. 347.
 Marchantia I. 243. 250. II. 130. 195. 201. 202. 429.
 Marchantiaceen I. 75. II. 10. 200.
 Markftrahlen I. 340. 333.
 Marfilea II. 286. 314.
 Maffula II. 445.
 Maftigobryum II. 216.
 Maftigothrix II. 67. 76.
 Maftogloia II. 97.
 Maximum der Temperatur I. 183.
 Medullarfchicht II. 68.
 Meeresalgen I. 392.
 Meefia II. 232.
 Melampfpora II. 165.
 Melampyrum II. 387.
 Melanofpora II. 167.
 Melobefieen II. 123.
 Melofira II. 98.
 Melofireen II. 50. 90. 98.
 Membran I. 208.
 Membranen, künftliche I. 419.
 Membranen, natürliche I. 414.
 Mercurialis II. 451.
 Merendera II. 450.
 Merendera, Befruchtung II. 454.

Meridieae II. 92. 98.
 Meridieen II. 50.
 Meridion II. 98.
 Meriftem II. 351.
 Merizomyria II. 67.
 Mertensia II. 299.
 Mefocarpus II. 84. 89.
 Mefoglaeaceae II. 124.
 Mespilus II. 164.
 Mefferfpuren I. 87.
 Metamorphofe, Blatt II. 417.
 Metzgeria I. 64. II. 197. 205.
 Metzgeria, Haare II. 429.
 Metzgerien II. 10. 130. 205.
 Mikrafterias I. 174. II. 61. 55.
 Mikrafterias rotata II. 56.
 Mikrocyftis II. 75.
 Mikrogonidien II. 75. 108.
 Mikrofpora II. 103. 191. 239.
 Mikrothamnion II. 103.
 Mikrothyrium II. 167.
 Mikrozoospore II. 105.
 Milchsäfte I. 553.
 Minimum der Temperatur I. 183.
 Mifchococcus II. 59.
 Miftelblatt I. 204.
 Mifteldroffell II. 27.
 Mitbewerber II. 21.
 Mixomycetes I. 21. II. 151.
 Mniaceen II. 231.
 Mnium II. 192. 231.
 Molecularbewegung I. 37.
 Monocotyledonen II. 46.
 Monocotylen I. 79. II. 40.
 Monocotylenwurzel I. 74.
 Monopodien II. 435.
 Monothalamie I. 37.
 Monotropa I. 48. II. 387.
 Monotropa, Embryofack II. 449.
 Monfterabblatt II. 404.
 Monftrofität II. 14.
 Moofe II. 37. 44. 47. 101. 190.
 Moofe, Foliofae II. 40.
 Moofe, Frondofae II. 40.

Moose, Hepaticae II. 40.
 Moosfrüchte I. 241. II. 191.
 Moosfeten I. 301. II. 9.
 Moosstammanatomie II. 212.
 Morchella II. 171.
 Morus, Knospe II. 406.
 Mougeotia II. 84. 87.
 Mucor II. 160.
 Mucorineen I. 640. 644. II. 84.
 Murcorini II. 70. 149. 154. 160.
 Musci II. 46. 130. 193. 242.
 Muscineen II. 22.
 Muskelapparate I. 285.
 Mutinus II. 176. 178.
 Mutterknolle II. 376.
 Mycelium I. 645. II. 36.
 Myconostoc II. 67.
 Myriophyllum II. 27.
 Myristinsäure I. 545.
 Myroxylon I. 551.
 Myrtaceen I. 552.

N.

Nadelholzfamm I. 331.
 Nadelholztüpfel I. 80.
 Nährmittel I. 401. 539.
 Nährstofflösung I. 402.
 Najas, Befruchtung II. 454.
 Najas, Pollen II. 445.
 Namenszug I. 371.
 Namenszüge eingefchnitten I. 352.
 Narcein I. 560.
 Narcotin I. 560.
 Natrium I. 406.
 Navicula II. 92. 97.
 Naviculaceen II. 50. 92. 96.
 Neckera II. 233.
 Neckeraceen II. 233.
 Nectria II. 171.
 Nemalion II. 123.
 Nematogenae II. 66.
 Nephroma II. 81.
 Nervatur II. 414.
 Neurotherus fumipennis II. 19.
 Neurotherus numismaticus II. 19.

Nichtgebrauch II. 35.
 Nidularieen II. 177.
 Niedere Pflanzen II. 5.
 Nitophylleae II. 126.
 Nitophyllum II. 126.
 Nitschieae II. 97.
 Nonnea violacea, Eizellen II. 453.
 Noctoc II. 67. 73. 77.
 Noctocaceen II. 50. 51. 64. 124.
 Nothoscordon, Polyembryonie II. 462.
 Nußschale I. 100. 402.
 Nutation II. 29.
 Nutiren II. 380.
 Nyctago I. 72.
 Nyctago, Pollen II. 443.
 Nyctalis II. 175.
 Nymphaeaceen II. 34.

O.

Obelidium II. 157.
 Objectträger, elektrischer I. 33.
 Octaviana II. 176.
 Octoporangium II. 142.
 Oculiren I. 366.
 Odonthalia II. 125.
 Odontia II. 175.
 Odontidium II. 97.
 Oedogonien II. 35. 48. 103.
 Oedogonium I. 51. II. 46. 50. 108. 111.
 Oele I. 539. 545.
 Oele, ätherische I. 552.
 Oenothera biennis II. 21.
 Offensivwaffen II. 383. 418.
 Olibanum I. 550.
 Oligotrichum II. 231.
 Omphalaria II. 74. 80.
 Onygenei II. 70.
 Oogonien II. 40. 48. 148.
 Oogonium II. 159.
 Oosporangien II. 149.
 Ophrydeen II. 375.
 Orobanchen II. 387.
 Oscillaria II. 50. 75.
 Oscillarieen II. 51. 73. 75.

Osmose I. 413.
 Osmundaceae II. 296. 299.
 Osmunda regalis II. 202. 243.
 Osmundula II. 232.
 Ostropa II. 166.
 Ofyris II. 387.
 Opegrapha II. 82.
 Opegraphen II. 82.
 Ophiocytum II. 58.
 Ophioglossae II. 296.
 Optimum der Temperatur I. 183.
 Opuntienfamm I. 310. II. 272.
 Orchis I. 50. II. 375. 377.
 Orchis, Befruchtung II. 454.
 Organische Salze I. 554.
 Oribrafia II. 153.
 Orthofira II. 98.
 Orthostiche II. 251.
 Orthothecium II. 234.
 Orthotricheen II. 233.
 Orthotrichum II. 233.
 Oxalis II. 376.
 Oxalis acetosella I. 285.
 Oxalsäure I. 552. 554.

P.

Padina II. 139.
 Padinae II. 124.
 Palmella II. 51. 58. 232.
 Palmellaceen II. 5. 51. 64. 73. 82. 135.
 Palmenblatt II. 404.
 Palmitinsäure I. 545.
 Palmodactylon II. 59.
 Palmogloea II. 59.
 Palmogloea makrocoeca II. 6. 52.
 Panachirte Blätter II. 13.
 Pandanus I. 313.
 Pannaria II. 76.
 Panus II. 175.
 Papaver I. 229.
 Papaveraceen I. 560.
 Papaverin I. 560.
 Papaver somniferum II. 14.
 Papillarwand II. 223.
 Pappus II. 466.

Paranuß I. 79.
 Paraphysen I. 97. II. 141.
 176.
 Parasitismus II. 379.
 Parastichen II. 250.
 Parenchym II. 211.
 Parietaria I. 76. 290.
 Paris II. 450.
 Parmelia II. 81.
 Parmeliaceen II. 81.
 Parthenogenetische Form II.
 158.
 Passiflora II. 381.
 Passiflorenranke I. 297.
 Patellaria II. 171.
 Pedicellum II. 57.
 Pedicularis I. 75.
 Pelargonifäure I. 556.
 Pellia I. 67. 244. II. 192.
 198. 206.
 Pelorien II. 16.
 Peltigera II. 81.
 Peltigeraceen II. 81.
 Penium II. 51. 60.
 Peronospora I. 395. II. 146.
 149.
 Peronosporeen I. 640. 644.
 II. 48. 159.
 Peronosporei II. 70.
 Periblema II. 332.
 Perichæna II. 153.
 Perichætialblätter II. 217.
 Perichætium II. 215. 227.
 Peridermafchichten I. 351.
 Peridermium II. 165.
 Peridie II. 154. 176.
 Periode I. 427.
 Peristom II. 220.
 Perithecium II. 168.
 Petala II. 439.
 Peysonella II. 128.
 Peziza II. 171.
 Pflanzen, fleischfressende I.
 391.
 Pfropfen I. 366.
 Pfropfhybride II. 456.
 Phacidiacei II. 171.
 Phajus I. 59. 106.
 Phalaris arundinacea II. 13.

Phalloideen II. 177.
 Phallus II. 178.
 Phanerogamen I. 396. II. 47.
 Phascaceen II. 225. 228.
 Phascum II. 210. 228.
 Phaseolus I. 342.
 Phegopteris II. 299.
 Philadelphus I. 294. 355.
 Phloridzin I. 561.
 Phosphorescenz I. 590.
 Phosphorverbindungen I. 405.
 Phototonus I. 287.
 Phragmidium II. 165.
 Phucagrostis, Keimling II.
 462.
 Phycochromaceen II. 74.
 Phycomycetes II. 149. 154.
 Phycopeltis II. 113. 115.
 Phyllactinia II. 166.
 Phylliscum II. 80.
 Phyllocladus II. 331. 358.
 Phylloiden II. 381.
 Phyllophora II. 128.
 Phyllophoraceen II. 128.
 Phyllophoreen II. 52.
 Phylloxanthin I. 565.
 Physareae II. 154.
 Physarum II. 154.
 Physcia II. 81.
 Physcia ciliaris II. 74.
 Physcomitrium, Baftarde II.
 452.
 Phytelephas I. 79.
 Phytoptusgalle I. 373.
 Picea I. 60. 95. 163. 231.
 II. 21. 327. 331. 333. 340.
 361.
 Picea exelfa I. 568.
 Picnidien II. 166.
 Pigmente I. 561.
 Pilea decora I. 77.
 Pilea densiflora I. 77.
 Pilobolus II. 160.
 Pilularia II. 192. 239. 314.
 Pilze II. 36. 40. 143.
 Pilze, Generation II. 145.
 Pilze, Keimung II. 144.
 Pilze, Mycelium II. 144.
 Pilzform I. 645.

Pinnularia I. 62. II. 92. 95.
 97.
 Pinus I. 80. 143. II. 21. 318.
 331. 336. 340. 361.
 Pinus Laricio I. 75. 352.
 Piper I. 552.
 Piptatherum I. 318.
 Piftillaria II. 176.
 Pifum, Blatt II. 418.
 Pittosporum I. 364.
 Placenta II. 320. 342. 447.
 Placentenproß II. 343.
 Placochromaticae II. 96.
 Placodien II. 80.
 Placodium (Pforoma) II. 80.
 Plagiotropis II. 97.
 Plantago I. 88.
 Plantagoarten II. 21.
 Plasmodiophori II. 151.
 Plasmodium I. 21. II. 152.
 Platane II. 371.
 Platanus I. 568.
 Platanus, Haare II. 427.
 Platyphyllae II. 216.
 Platysma II. 299.
 Pleospora II. 167.
 Pleroma II. 332.
 Pleuridiaceae II. 225. 228.
 Pleuridium II. 228.
 Pleurocarpi II. 225.
 Pleurocarpus II. 89.
 Pleurococcus II. 58.
 Pleurofigma II. 92. 97.
 Pleurostaurum II. 97.
 Pleurotænium II. 60.
 Pleurothallis II. 379.
 Plocamieen II. 127.
 Plocamium II. 127. 136.
 Podetien II. 82.
 Podetiopforae II. 81.
 Podifoma II. 165.
 Podifomafporen I. 645.
 Podocarpeen II. 40. 358.
 Podocarpus II. 331. 358.
 Podosphæra II. 166.
 Podosphenia II. 98.
 Pohlia II. 231.
 Polarifikation I. 262.
 Polarifikationskreuz I. 130.

Pollen II. 320.
 Pollenschlauch II. 446.
 Pollinodium II. 168.
 Polycoccus II. 66.
 Polycystis II. 66.
 Polyedrium II. 58.
 Polyembryonie II. 462.
 Polygala I. 277.
 Polygaleen II. 439.
 Polygonen II. 34. 347. 408.
 Polygonum I. 293.
 Polyides II. 127.
 Polypodiaceae II. 296. 299.
 Polypodium II. 299.
 Polyporei II. 175.
 Polyporus II. 175.
 Polysiphonia II. 126.
 Polysiphonien II. 126. 135.
 Polytrichaceen II. 230.
 Polytrichum I. 67. II. 33.
 209. 213. 231. 260. 427.
 Pomaceen II. 438.
 Pomaceen, Knospe II. 406.
 Populin I. 560.
 Populus I. 271. 303. 305.
 362.
 Populus angulata I. 380. 382.
 II. 405.
 Populus, Knospe II. 406.
 Populus laurifolia I. 309.
 Poren I. 81.
 Porocyphus II. 76.
 Porphyra II. 103.
 Potameen II. 27.
 Potamogeton I. 200. II. 450.
 Pothos, Befruchtung II. 454.
 Pottia II. 230.
 Pottiaceen II. 231.
 Prädisposition I. 261.
 Præfoliatio imbricativa II.
 408.
 Præfoliatio induplicativa II.
 408.
 Præfoliatio involutiva II. 408.
 » plicativa II. 408.
 » revolutiva II. 408.
 Prafiola II. 103.
 Preiffia II. 103.
 Preuffia II. 166.

Primula II. 343.
Primula, Baftard II. 453.
 Primulaceen II. 340.
 Primula chinensis, LINDL.
 II. 17.
 Primula veris II. 14.
 Procambium II. 352.
 Promycelien II. 68. 164.
 Propionfäure I. 552. 556.
 Profenchym II. 211.
 Protandrie II. 457.
 Prothallien II. 10.
 Prothallium II. 40.
 Protococcaceen II. 64. 124.
 135.
 Protococcae II. 51.
 Protococcus II. 58.
 Protoderma II. 103. 332.
 Protogynie II. 456.
 Protomycetei II. 70. 149.
 Protonema II. 101.
 Protoplasmabewegung I. 39.
 Protothallus II. 81.
 Pseudolarix II. 331. 361.
 Pseudoleskea II. 234.
 Pseudoperidie II. 164.
 Pfilotum I. 48. 89. II. 242.
 299.
 Pfilotum triquetrum II. 242.
 Pterideae II. 298.
 Pterigynandrum II. 234.
 Pteris I. 73. 176. II. 196.
 298.
 Pterogonium II. 234.
 Pterygophyllum II. 234.
 Ptichogaster II. 176.
 Ptichostomum II. 231.
 Ptilidieae II. 216.
 Ptilidium II. 216.
 Pilota II. 124.
 Puccinella II. 165.
 Puccinia I. 646. II. 165.
 Pucciniaspore II. 163.
 Purpurin I. 565.
 Pyllaifia II. 234.
 Pyrenomycetes I. 639. II.
 70. 84. 147. 166.
 Pyrola, Pollen II. 442. 445.
 Pyrus I. 83. II. 164.

Q.

Quajacum I. 550. 555.
 Quajacum officinale I. 95.
 Quajacilfäure I. 550.
 Quajakholz I. 550.
 Quellungsaxe I. 93.
 Quellungsmeffer I. 98.
 Quercitrin I. 561.
 Quercus I. 306. 336. 337.
 II. 21. 340.
 Quercus, Knospe II. 406.
 Quercus pyrenaica I. 382.
 Quercus Robur I. 95. II. 273.
 Quirlzweige II. 182.
 Quitte II. 27.

R.

Racoblenna II. 75.
 Racomitrium II. 233.
 Radula II. 216.
 Radulum II. 175.
 Raflesiaceen II. 387.
 Ramalina II. 82.
 Ramalineen II. 82.
 Ranke II. 4. 29. 37. 417.
 Ranunculaceen I. 559. II. 27.
 Ranunculus aquatilis II. 27.
 Ranunculus Ficaria II. 378.
 Ranunculus fluitans II. 27.
 Rafirmefferspuren I. 86.
 Rebouillia II. 203.
 Rechtsweinfäure I. 556.
 Recurrende Reihen II. 258.
 Reizbewegungen II. 29.
 Reproduction I. 348.
 Reforption der Blattfläche II.
 404.
 Reforption des Endosperms
 II. 460.
 Rhabdonema II. 98.
 Rhamnus II. 371.
 Rhaphidium II. 59.
 Rhinanthaceen II. 387.
 Rhinanthus II. 387.
 Rhipidophora II. 98.
 Rhizidien II. 124.
 Rhizidium II. 157.
 Rhizocarpeen II. 40. 44. 47.
 191. 314.

Rhizocarpeen, Literatur II. 289.
 Rhizoclonium II. 103.
 Rhizome II. 374.
 Rhizomorpha II. 174.
 Rhizomtrieb II. 287.
 Rhizopodon II. 176.
 Rhizopus II. 84.
 Rhododendron, Pollen II. 445.
 Rhododendron ferrugineum II. 29.
 Rhododendron hirsutum II. 29.
 Rhodomela II. 126.
 Rhodomeleae II. 126.
 Rhodomeleen II. 123.
 Rhodomenia II. 127.
 Rhodomeniaceen II. 127.
 Rhus viminalis I. 225.
 Rhynchospora II. 22. 90.
 Rhytiplea II. 126.
 Rhytisma II. 171.
 Ricafolia II. 81.
 Riccia II. 198.
 Riccien I. 75. II. 198.
 Ricinus I. 329.
 Rinde I. 337.
 Rindenfenster I. 355.
 Rindenriffe I. 342.
 Rindestrom I. 530.
 Ringelung I. 530.
 Rife II. 432.
 Rivularia II. 67. 76.
 Rivularien II. 51. 64. 73. 75.
 Roccella II. 82.
 Rœstelia I. 645.
 Rohrzucker I. 543.
 Rofa, Kelch II. 413.
 Rose I. 349.
 Rosenöl I. 552.
 Roßpilze I. 644.
 Ruberythrinäure I. 561.
 Rubia tinctorum I. 564.
 Ruellia I. 88.
 Rundtrieb II. 138.
 Ruppia II. 450.
 Ruppia, Embryo II. 455.
 Rutaceen I. 551.

S.

Sagittaria I. 200.
 Salices II. 29. 33.
 Salisburya II. 358.
 Salix I. 166. 337. 379.
 Salix alba I. 382.
 Salix fragilis I. 168.
 Salix, Knospe II. 406.
 Salvia I. 88. 97. II. 27.
 Salvinia II. 192. 208. 239. 307.
 Salviniaceae II. 307.
 Salze I. 557.
 Sambucus II. 371.
 Same, endospermhaltiger II. 463.
 Same, endospermloser II. 463.
 Same, endosperm- und perispermhaltiger II. 463.
 Sandarac I. 550.
 Santalaceen II. 340. 387.
 Saprolegnia II. 149.
 Saprolegnien I. 638. 640. 644. II. 22. 70. 149. 154. 158.
 Sarcina II. 66.
 Sarcoscyphus II. 217.
 Sargassomeere II. 140.
 Sarothamnus II. 371.
 Sauerstofffreie Alkaloide I. 559.
 Saugwurzel II. 387.
 Säuren I. 539. 556.
 Sauffurea alpina II. 29.
 Sauffurea discolor II. 29.
 Saxyfraga I. 411.
 Scenedesmus II. 58.
 Scheitelwachsthum II. 129.
 Scheitelzelle II. 178.
 Scheuchzeria II. 450.
 Schildchen II. 184.
 Schinzia II. 158.
 Schistidium II. 233.
 Schizæaceae II. 296. 299.
 Schizocarp II. 465.
 Schizocarpi II. 218. 225.
 Schizochlamys II. 58.
 Schizogonium II. 103.
 Schizomycetes II. 63. 64.
 Schizophyllum II. 175.
 Schizophyten II. 64. 75.

Schizosphon II. 67. 76.
 Schizothrix II. 76.
 Schizoxylum II. 171.
 Schlauchmycelien II. 147.
 Schleimfrüchte II. 26.
 Schließfrucht II. 464.
 Schlingen II. 29. 380.
 Schriftflechte II. 83.
 Schwämme I. 47.
 Schwammparenchym II. 352.
 Schwärmspore I. 37. 264.
 Schwärmzelle II. 24.
 Schwarzerle I. 569.
 Schwefel I. 405.
 Schwimmblase II. 417.
 Schwimmblafen II. 37.
 Schwimmblätter II. 420.
 Schutzscheide II. 352.
 Sciadium arbuscula II. 58.
 Sciadopiteae II. 361.
 Sciadopitys II. 331. 358.
 Sciadopitys verticillata II. 354.
 Scirpus lacustris I. 323.
 Sclerenchym II. 354.
 Scleroderma II. 176.
 Sclerotisches Parenchym II. 352.
 Sclerotium I. 646.
 Sclopendrium II. 209.
 Scorconera I. 553.
 Scrophulariaceen II. 10.
 Scytonema II. 76.
 Scytonemeen II. 51. 64. 73. 76.
 Secale I. 646.
 Secrete I. 225.
 Secretion I. 412. II. 379.
 Secretionsbehälter II. 295. 417.
 Sedum reflexum I. 229.
 Segment II. 130.
 Seitenorgane II. 263.
 Seitenspiralen II. 250.
 Selaginella II. 40. 46. 192. 319. 321.
 Selaginella, Keimpflanze II. 462.
 Selaginella, Literatur II. 289.
 Selaginellae II. 296.

Selbstbefruchtung II. 22. 457.
 Seligeria II. 230.
 Sempervivum I. 203.
 Senfö I. 552.
 Senker II. 374.
 Senkungsgröße I. 316.
 Sepala II. 439.
 Sequoja II. 331. 358. 360.
 Sequojeae II. 331.
 Sexuelle Affinität II. 454.
 Shepherdia, Haare II. 426.
 Siebporen I. 82.
 Siebröhre I. 83.
 Sinapis I. 88. 97.
 Siphoneae II. 106.
 Sirogonium II. 86.
 Sirostiphon II. 76.
 Sirostiphonaceen II. 73. 76.
 Smilaceen I. 74.
 Smilax II. 29. 375.
 Smilax, Blatt II. 418.
 SNELL'sches Gesetz I. 126.
 Solaneen I. 559.
 Solanum I. 563.
 Solanumarten I. 561.
 Solanum, Blatt II. 419.
 Solanum pseudocapsicum I. 562.
 Solorina II. 81.
 Sonnenrose I. 269.
 Sonnenspectrum I. 261.
 Sorastrum II. 58.
 Sorbus II. 164.
 Soredialäfte II. 78. 82.
 Soredien II. 77.
 Soredium II. 77.
 Sorghum II. 450.
 Sori II. 138.
 Sorosporium II. 84. 161.
 Spaltenporus I. 80.
 Spaltfrüchte II. 465.
 Spaltkapfel II. 465.
 Spaltöffnung I. 201. 208.
 Sparassis II. 176.
 Spectrum I. 502.
 Spermatozoid, Moos I. 36.
 Spermatozoiden I. 37. II. 192.
 Spermogonien II. 82.
 Spermogonium II. 162.

Spermofira II. 67.
 Sphacelaria II. 131. 136.
 Sphacelarieae II. 123. 131.
 Sphaeria II. 167.
 Sphaeriacei II. 167.
 Sphaeria scirpi II. 78.
 Sphaerococceen II. 123.
 Sphaerococcus II. 125. 136.
 Sphaerophoreen II. 82.
 Sphaeroplea II. 102.
 Sphaeropleaceen II. 52.
 Sphaeropleen II. 102. 103.
 Sphaerotheca II. 166.
 Sphaerozyga II. 77.
 Sphagnaceen II. 228.
 Sphagnum II. 210. 211. 221. 229.
 Sphagnum, Blätter II. 34.
 Sphancæctis II. 217.
 Sphenella II. 96.
 Sphinctrina II. 171.
 Sphilonema II. 79.
 Spirillum II. 67.
 Spirochæte II. 67.
 Spirogyra I. 31. 49. II. 89.
 Spirogyren I. 54. 169. II. 48. 84. 88.
 Spirulina II. 67. 75.
 Splachnaceen II. 229.
 Splachnum II. 229.
 Sporangien, multiloculäre II. 133.
 Sporangien, uniloculäre II. 133.
 Spore II. 40. 101.
 Sporenbildung II. 78.
 Sporenpflanzen II. 40.
 Sporidien I. 644. II. 162.
 Sporodinia II. 160.
 Springfrüchte I. 299.
 Spumaria II. 154.
 Spyridia II. 124.
 Stachel II. 4. 32. 37.
 Stamm II. 4.
 Stammbaum II. 43.
 Stamm, Vegetationspunkt II. 240.
 Stangeria II. 331.
 Staphylea, Knospe II. 406.

Staticeen II. 343.
 Stärke I. 540.
 Stärkestrom I. 425.
 Staurastrum II. 51. 54. 61.
 Stauroneis II. 92. 97.
 Staurofira II. 97.
 Staurospermum II. 89.
 Stearinfäure I. 545.
 Stecklinge I. 532.
 Stegocarpi II. 218. 225. 228.
 Steinbeere II. 465.
 Steinzellen I. 350.
 Stellaten II. 347.
 Stemoniteae II. 154.
 Stemonites I. 24. II. 154.
 Stephanophæra II. 51. 62.
 Stereocaulon II. 82.
 Sterigme I. 645. II. 163.
 Sticta II. 81.
 Stictei II. 171.
 Stictina II. 81.
 Stictis II. 171.
 Stigeoclonium II. 49. 103.
 Stigmatea II. 167.
 Stigonema II. 103.
 Strangscheide II. 295. 352.
 Strelizia I. 551.
 Streptococcus II. 67.
 Streptothrix II. 67.
 Streubüchse II. 465.
 Stroma II. 164.
 Stromrichtung I. 13.
 Struthiopteris II. 299.
 Strychneen I. 559.
 Stylosporen II. 166.
 Stypocaulon II. 131.
 Styrax I. 550.
 Subhymenialfschicht II. 68.
 Substanzkerne, feste I. 39.
 Summenformeln für die Organfelde in der Knospe II. 371.
 Surirayae II. 97.
 Surirella II. 95.
 Surirellen II. 50. 92.
 Sympodiale Blütenstände II. 433.
 Sympodien II. 369.
 Synechoblastus II. 80.

Synechococcus II. 65.
 Synedra II. 97.
 Synedreen II. 50. 92.
 Synopsis der Wurzelstellung
 II. 397.
 Syrogonium II. 89.
 Sytlegium II. 230.
 Syzygites II. 48. 84. 160.

T.

Tabak I. 46.
 Tabaksblattverwachsung II.
 411.
 Tabellariaceen II. 50.
 Tabellarien II. 92. 98.
 Tacca, Anthere II. 441.
 Tachygonium I. 265.
 Tanne I. 47. 85. 100. 569.
 Taonia II. 139.
 Targionieae II. 203.
 Taxaceen II. 331. 358.
 Taxeen II. 331.
 Taxodieae II. 331.
 Taxodium I. 568. II. 331.
 358. 360.
 Taxus II. 331. 341. 358.
 Taxus baccata I. 95. 568.
 Teesdalia I. 97.
 Teleutospore II. 163.
 Temperatur I. 580.
 Terbene I. 549. 551.
 Terpentinöl I. 551.
 Tetmemorus II. 60.
 Tetraden, Pollen II. 445.
 Tetradontium II. 231.
 Tetraphideen II. 231.
 Tetraphis II. 231.
 Tetraphis pellucida II. 226.
 Tetraspora II. 51. 58. 103.
 Tetrasporangien II. 125.
 Tetrasporen II. 125.
 Thallophytae II. 40.
 Thallus hypophloeodes II. 83.
 Thamnidium II. 75.
 Thamnophora II. 127.
 Thebain I. 560.
 Thermofäule I. 572.
 Thesium II. 340. 387.
 Thesium pratense II. 388.

Thierfalle II. 422.
 Thuidium II. 234.
 Thuja II. 331. 333. 341.
 358.
 Thujopsis II. 331. 358.
 Thylle I. 173.
 Thyllenbildung I. 173.
 Tilia I. 337.
 Tilia, Knospe II. 406.
 Tilletia II. 84. 86. 161.
 Tinctionsversuche I. 459.
 Tmesipteris II. 299.
 Toluilsäure I. 552. 557.
 Topologisch bestimmte Ge-
 webe II. 353.
 Tornelia I. 175.
 Torreya II. 331. 358.
 Torrubia II. 167.
 Tracheiden I. 304.
 Trachyspora II. 165.
 Tradescantiaftamm I. 312.
 Traganthcylinder I. 164.
 Traganthgummi I. 88. 160.
 Tragkraft I. 314.
 Tragvermögen I. 314.
 Trama II. 176.
 Trametes II. 176.
 Trameteshüte I. 242.
 Traube II. 432.
 Traubenfäure I. 556.
 Traubenzucker I. 543.
 TRAUBE'S Zelle I. 7. 420.
 Trichia II. 153.
 Trichiaceen II. 153.
 Trichocolea II. 216.
 Trichodon II. 230.
 Trichogyn II. 116.
 Trichomanoideae II. 216.
 Trichome II. 37.
 Trichomgebilde II. 425.
 Trichostomeen II. 230.
 Trichostomum II. 230.
 Triglochin, Embryo II. 455.
 Triphragmium II. 165.
 Tripodisceen II. 92.
 Triticum I. 548.
 Triticum, Bastard II. 453.
 Triticum, Keimling II. 462.
 Trockenast I. 343. 367.

Tropæolum, Vorkeim II.
 456.
 Tuga II. 331.
 Tuber I. 51. II. 171.
 Tuberacei II. 70. 170.
 Tubulina II. 154.
 Tuburcinia II. 84. 161.
 Tulasnodea II. 176.
 Tulipeen, Embryo II. 455.
 Tylocarpus II. 128.
 Typha II. 26.
 Typhula II. 176.

U.

Ulex europæa II. 390.
 Ulme I. 569.
 Ulmenrinde I. 340.
 Ulmus I. 239. 337.
 Ulmus, Blatt II. 405.
 Ulmus, Knospe II. 406.
 Ulotrichineen II. 52. 103. 135.
 Ulothrix II. 104.
 Ulva II. 103.
 Ulvaceen II. 103.
 Umbilicaria II. 81.
 Umbilicarien II. 81.
 Umbelliferen I. 552. II. 16.
 408.
 Uncinula II. 166.
 UNGER'S Apparat I. 215.
 Uredineen I. 638. 640. II.
 70. 84. 161.
 Uredo I. 646.
 Uredosporen I. 645. II. 163.
 Urmeristem II. 351.
 Urocystis II. 84. 161. 163.
 Uromyces II. 165.
 Urticaceen II. 21. 36.
 Urtica Dodartii I. 315.
 Usnea II. 82.
 Usnea barbata dasypoga II.
 69. 82.
 Ustilagineen I. 640. II. 70.
 84. 161.
 Ustilago II. 84. 161.
 Ustulina II. 84.
 Utricularia II. 365. 421.
 Utricularia, Haare II. 427.
 Uvirandra, Blatt II. 404.

V.

Vacuolenbildung I. 41.
 Vaginula II. 220.
 Val del fain (Engadin) II. 28.
 Valeriana I. 552.
 Valeriansäure I. 556.
 Valonieae II. 124.
 Vampyrella I. 16.
 Variation II. 17.
 Varietät II. 14.
 Vaucheria II. 22. 46. 50. 106.
 Vaucheriaceen II. 51. 124.
 Vaucherieen I. 36. II. 48.
 50. 63. 105.
 Vegetationspunkt II. 240.
 332. 364.
 Veratrumarten I. 560.
 Verdunstung I. 436.
 Verdunstungsgröße I. 465.
 Vereifung I. 620.
 Veronica I. 75. II. 29.
 Verrucaria II. 82.
 Verrucarieen II. 82.
 Viburnum II. 371.
 Viburnum Lantana II. 371.
 Vicia I. 234. 251.
 Vicia fativa I. 547.
 Vilarfia nymphæoides II. 30.
 Vinca I. 85.
 Viola II. 439.
 Viscum I. 73. II. 340. 366.
 Viscum, Endospermibildung
 II. 460.
 Viscum, Keimung II. 387.
 Vitis II. 29. 383. 385.
 Vitis, die Geize II. 386.
 Vitis, die Lotte II. 386.

Volvocineen II. 51. 61.
 Volvox globator II. 62.
 Vorkeim II. 101. 324. 326. 456.

W.

Wachs I. 553.
 Wachsdrüse II. 424. 430.
 Wachspflanze I. 353.
 Waffen II. 4. 40.
 Wärmeconstante I. 605.
 Wasserblatt II. 307.
 Wassergehalt in Pflanzen I.
 422.
 Wasserpflanzen I. 199.
 Wasserstrom I. 398.
 Webera II. 231.
 Weide I. 47. 569.
 Weidenstecklinge I. 247.
 Weinsäure I. 556.
 Weissfia II. 230.
 Weizenkeimling I. 238.
 Wellingtonia I. 338.
 Welwitschia I. 557. II. 331.
 362.
 Winden II. 380.
 Wirtelstellung II. 258.
 Winterzustand der Knospe
 II. 409.
 Wohnbezirke II. 21.
 Wrangelia II. 124.
 Wurzel II. 4. 40. 387. 391.
 Wurzelhaare I. 75. 412.
 Wurzel, Vegetationspunkt II.
 240.

X.

Xanthophyll I. 505. 563.

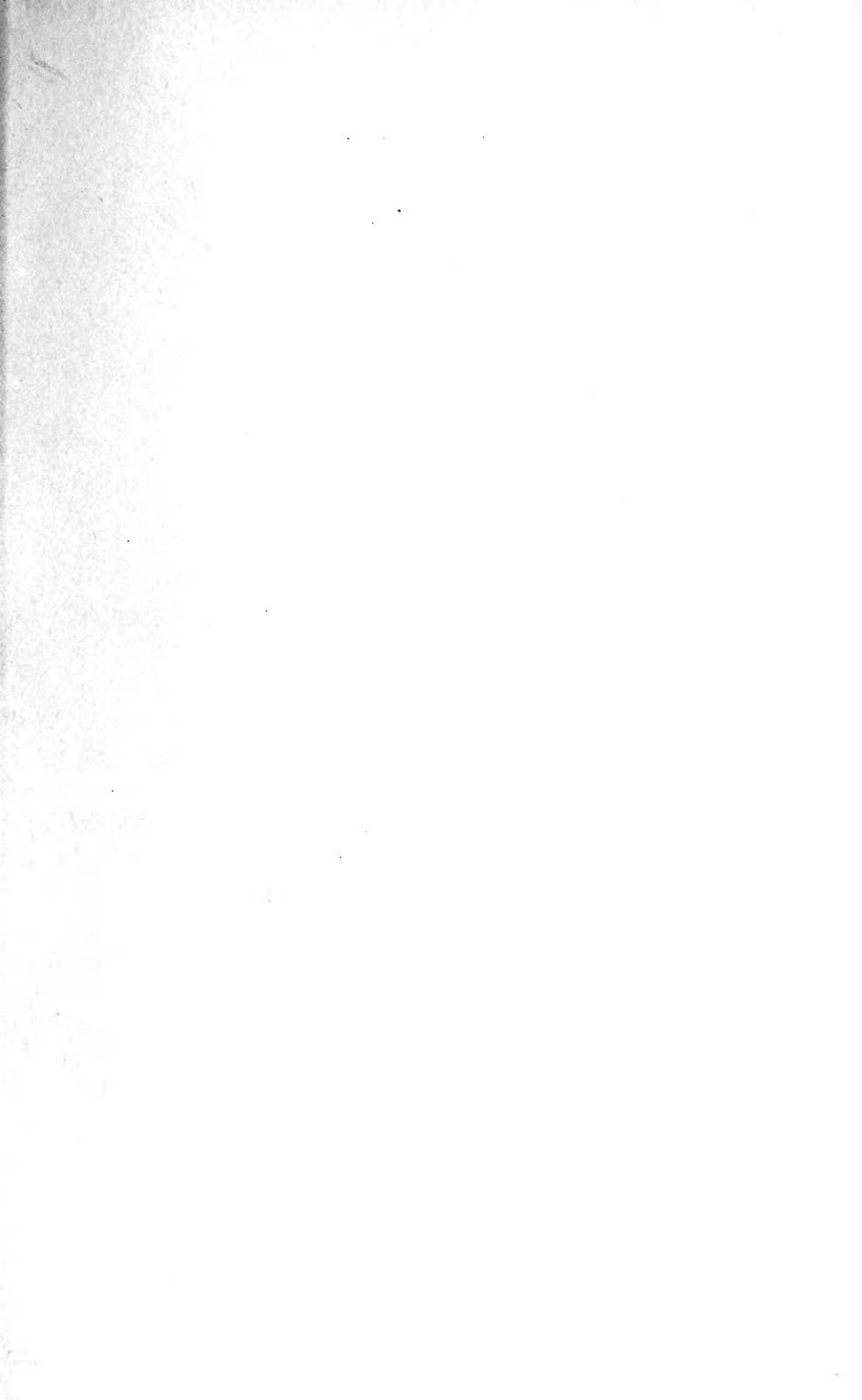
Xanthoria II. 81.
 Xenodochus II. 165.
 Xylem II. 350.
 Xylographa II. 171.
 Xylophylla II. 382.

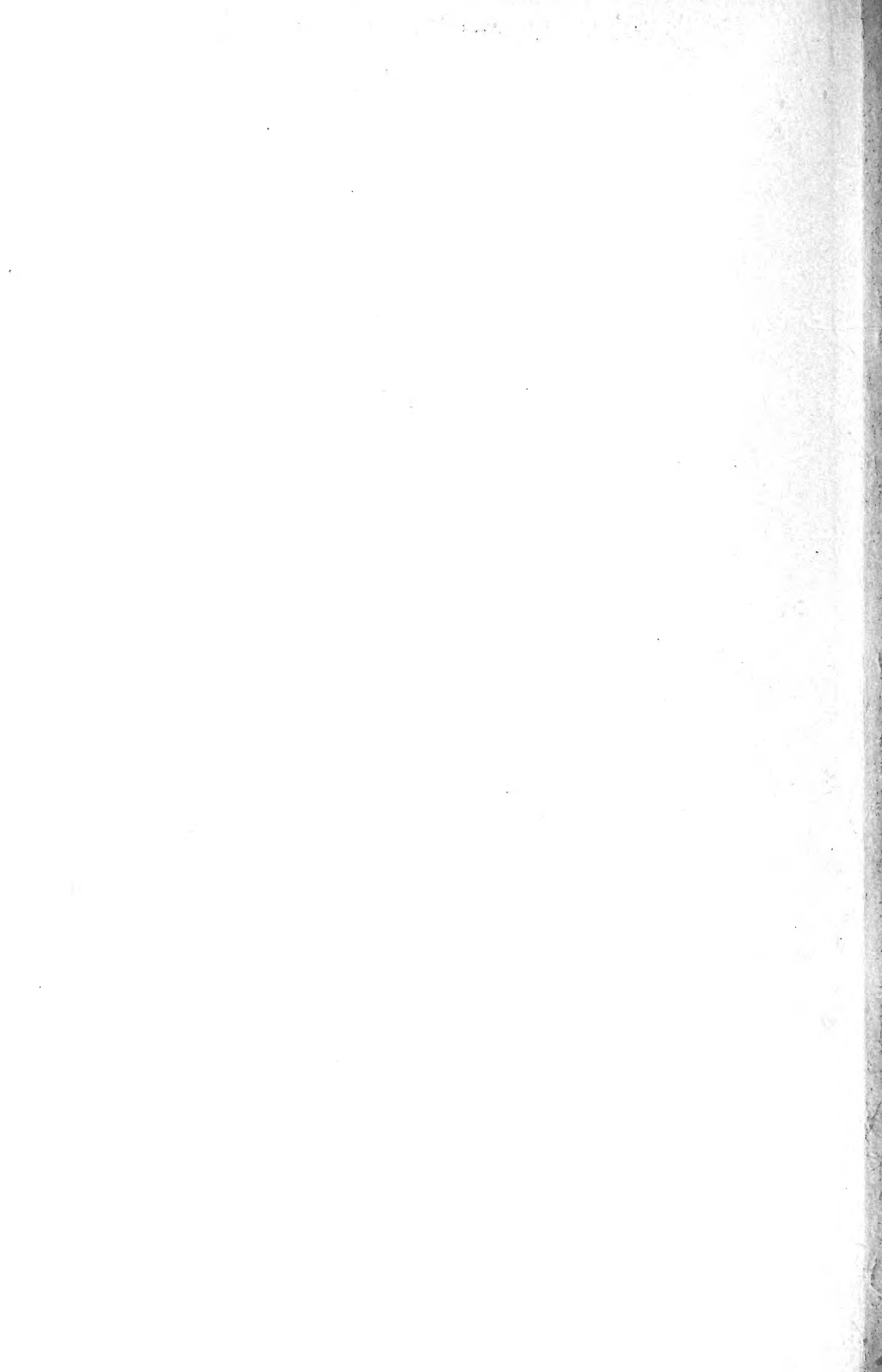
Z.

Zamia II. 331.
 Zapfen II. 336.
 Zea II. 450.
 Zea Mais I. 205.
 Zellencolonien II. 51.
 Zellmembran I. 151.
 Zellstoffbalken I. 75. 82.
 Zink I. 408.
 Zonaria II. 139.
 Zonariaceae II. 124. 140.
 Zoosporangium II. 151.
 Zoospore II. 35. 149.
 Zoostera II. 450.
 Zoostera, Embryo II. 455.
 Zoostera, Pollen II. 445.
 Zuckerrübe I. 46.
 Zuwachsbohrer I. 422.
 Zuwachs, secundärer I. 328.
 Zweigdorne II. 391.
 Zwergmännchen II. 109.
 Zwiebel II. 374.
 Zygema II. 86.
 Zygnemaceen II. 51. 84.
 124.
 Zygnemaceen, Diöcie II. 89.
 Zygnemaceen, Monöcie II. 89.
 Zygnoa II. 103.
 Zygodon II. 233.
 Zygophyllum II. 402.
 Zygospore II. 48. 61. 146.









QK
641
M84
Th.2
cop.2

Müller, Nicolaus Jacob Carl
Handbuch der allgemeinen
Botanik

Biological
& Medical

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

